



TESIS - TE142599

IDENTIFIKASI KUALITAS SUSU SAPI DENGAN MENGUNAKAN DERET SENSOR GAS DAN POTENSIOMETRI DENGAN METODE NEURAL NETWORK

MARSON ADY PUTRA
07111550042003

DOSEN PEMBIMBING
Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.
Dr. Achmad Arifin, ST., M.Eng.

PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN TEKNIK ELEKTRONIKA
DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI ELEKTRO
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018



TESIS - TE142599

IDENTIFIKASI KUALITAS SUSU SAPI DENGAN MENGUNAKAN DERET SENSOR GAS DAN POTENSIOMETRI DENGAN METODE NEURAL NETWORK

MARSON ADY PUTRA
07111550042003

DOSEN PEMBIMBING
Dr. Muhammad Rivai, ST., MT
Dr. Achmad Arifin, ST., M.Eng.

PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN TEKNIK ELEKTRONIKA
DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI ELEKTRO
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018

LEMBAR PENGESAHAN


Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (M.T)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

oleh:

Marson Ady Putra
NRP. 07111550042003

Tanggal Ujian : 03 Juli 2018
Periode Wisuda : September 2018

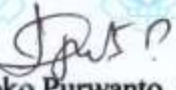
Disetujui oleh:


1. Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.
NIP: 196904261994031003

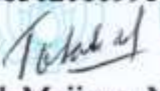
(Pembimbing I)


2. Dr. Achmad Arifin, ST., M.Eng.
NIP: 197103141997021001


(Pembimbing II)


3. Ir. Djoko Purwanto, M.Eng., Ph.D.
NIP: 196512111990021002

(Penguji)


4. Ir. Totok Mujiono, M.Ikom., Ph.D
NIP: 1965042219890310001

(Penguji)


5. Ronny Mardiyanto, S.T., M.T., Ph.D
NIP: 198101182003121003

(Penguji)

Dekan Fakultas Teknologi Elektro


Dr. Tri Arief Sardjono, S.T., M.T.
NIP. 197002121995121001

Halaman ini sengaja dikosongkan

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi keseluruhan Tesis saya dengan judul **“IDENTIFIKASI KUALITAS SUSU SAPI DENGAN MENGGUNAKAN DERET SENSOR GAS DAN POTENSIOMETRI DENGAN METODE NEURAL NETWORK”** adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, Juli 2018



Marson Ady Putra

NRP. 07111550042003

Halaman ini sengaja dikosongkan

IDENTIFIKASI KUALITAS SUSU SAPI DENGAN MENGUNAKAN DERET SENSOR GAS DAN POTENSIOMETRI DENGAN METODE NEURAL NETWORK

Nama mahasiswa : Marson Ady Putra
NRP : 07111550042003
Pembimbing : 1. Dr. Muhammad Rivai, ST., MT
2. Dr. Achmad Arifin, ST., M.Eng

ABSTRAK

Identifikasi kualitas susu merupakan sebuah upaya untuk menggolongkan kondisi susu sapi yang akan dikonsumsi. Dalam identifikasi kualitas susu membutuhkan proses pengecekan laboratorium dengan waktu lama. Pengenalan tersebut dapat diketahui dengan melihat mikroorganisme yang umum ditemukan dalam susu. Selain itu dapat juga langsung dideteksi dengan menggunakan hidung dan lidah. Namun, ini berbahaya karena dapat mempengaruhi kesehatan manusia. Selain itu, indra manusia memiliki sensitivitas yang berbeda dan tidak akurat dalam mendeteksi kualitas susu. Pada penelitian ini telah mengembangkan sensor untuk mengidentifikasi kualitas susu. Peran hidung manusia diganti dengan deret sensor gas yang bertujuan untuk identifikasi dari aroma susu. Sedangkan peran lidah diganti dengan deret sensor potensiometri untuk identifikasi rasa atau senyawa dalam susu. Output sensor gas dan potensiometri akan menjadi masukan bagi *neural network*. Fungsi *neural network* ini adalah untuk mengidentifikasi kualitas susu dengan cara dilatih terlebih dahulu. Hasil penelitian ini dapat menghasilkan pola yang berbeda terhadap sampel susu yaitu susu segar, basi, dan sangat basi. Hasil identifikasi menggunakan *neural network* memiliki tingkat keberhasilan 83%. Penelitian ini diharapkan dapat digunakan untuk menilai kualitas susu dengan cepat, mudah dan akurat.

Kata kunci: *Kualitas susu, Neural Network, Sensor gas, Sensor potensiometri.*

Halaman ini sengaja dikosongkan

Milk Assessment using Potentiometric and Gas Sensors In Conjunction With Neural Network

By : Marson Ady Putra
Student Identity Number : 07111550042003
Supervisor(s) : 1. Dr. Muhammad Rivai, ST., MT
2. Dr. Achmad Arifin, ST., M.Eng

ABSTRACT

Identification of milk quality is an attempt to classify the condition of cow's milk to be consumed. Currently, the identification of milk quality requires laboratory tests which is time-consuming. This is due to the identification of milk quality by analyzing the microorganisms commonly found in milk. In addition, milk quality can be directly detected by using the human nose and tongue. However, this is harmful because it can affect the human health. In addition, the human senses have a different sensitivity that is not accurate in detecting the quality of milk. In this study has developed a sensor system to assess the quality of milk. The role of the human nose is replaced by gas sensor array for the identification of the smell or odor of milk. While the tongue is taken over by a potentiometric sensor array for identification of taste or compounds in the milk. The output of the gas sensors and potensiometric sensors become input for the neural network. The function of this neural network to identifcaion of milk quality by way of being trained first. The experimental result shows that this sensor array can produce different patterns to the fresh, sour, and spoiled milk samples. The Neural Network can be used to assess the quality of milk with a success rate of 83%. This technique is expected to be used as a tool to assess the quality of milk quickly, easily, and accurately.

Keywords: *Gas sensor array, Milk quality, Neural Network, Potentiometric sensor array*

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala limpahan rahmat dan hidayahnya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “Identifikasi Kualitas Susu Dengan Menggunakan Deret Sensor Gas Dan Potensiometri Dengan Metode Neural Network”. Tesis ini disusun untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Program Pascasarjana Teknik Elektronika di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Tesis ini tidak dapat tersusun dengan baik tanpa bimbingan, bantuan dan dukungan dari banyak pihak yang diberikan kepada penulis. Oleh karena itu penulis memberikan ucapan terimakasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Dr. Muhammad Rivai, ST., MT dan Dr. Achmad Arifin, ST., M.Eng. selaku dosen pembimbing yang telah banyak berkontribusi selama proses pembuatan tesis sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini dengan baik.
2. Bapak Ir. Djoko Purwanto, M.Eng., Ph.D., Ir. Totok Mujiono, M.Ikom, Ph.D, dan Ronny Mardiyanto, ST., MT., Ph.D. selaku dosen penguji dalam ujian tesis yang telah memberikan saran-saran yang sangat bermanfaat bagi penulis.
3. Kepada Koordinator Pascasarjana Teknik Elektronika, Koordinator Pascasarjana Jurusan Teknik Elektro dan Ketua Jurusan Teknik Elektro serta karyawan Pascasarjana Teknik Elektro yang telah membantu penulis dalam segala urusan administrasi selama menempuh kuliah di ITS.
4. Kepada Ibu dan Bapak serta seluruh keluarga yang sudah memberikan banyak dukungan dan semangat untuk menyelesaikan tesis ini.
5. Kepada Rekan-rekan S2 angkatan 2015, juga rekan-rekan Lab.B402 yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan tesis ini.
6. Seluruh pihak yang membantu penulis dalam menyelesaikan tesis ini dengan baik.

Menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari kata sempurna, maka kritik dan saran sangat penulis harapkan untuk perbaikan dimasa datang. Penulis berharap agar tesis ini dapat bermanfaat.

Surabaya, 03 Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	v
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Kontribusi	3
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA.....	5
2.1 Penelitian Tentang Kualitas Susu	5
2.2 Kualitas Susu Berdasarkan SNI.....	8
2.3 Sensor Gas	11
2.4 Sensor Potensiometri	15
2.5 Konversi Analog Ke Digital	21
2.6 Neural Network.....	24
2.6.1 Algoritma Backpropagation.....	25
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	27
3.1 Studi Literatur Tentang Kualitas Susu	27
3.2 Perancangan Sistem Kualitas Susu Sapi	27
3.3 Rancang Bangun Deret Sensor Gas	29
3.4 Rancang Bangun Deret Sensor Potensiometri	31
3.5 Sistem Kontroller Konversi Sinyal Analog ke Digital	32
3.5.1 Regulator 5 Volt.....	33

3.5.2	Komunikasi Serial	33
3.6	Rancang Bangun Identifikasi Kualitas Susu Berbasis <i>Neural Network</i>	34
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		37
4.1	Pengujian Deret Sensor Gas	38
4.2	Pengujian Potensiometri.....	42
4.2.1	Pengujian Terhadap Cairan yang berbeda-beda	42
4.2.2	Percobaan Jarak antaran kedua elektroda.....	47
4.2.3	Percobaan Potensiometri dengan susu sapi	49
4.3	Pengujian Susu selama 24 jam	53
4.4	Pengujian Neural Network	56
4.5	Analisa Pengujian Neural Network	58
BAB 5 KESIMPULAN		61
5.1	Kesimpulan.....	61
5.2	Saran.....	61
DAFTAR PUSTAKA.....		63
LAMPIRAN		65
RIWAYAT PENULIS.....		89

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Susunan dasar sensor gas	12
Gambar 2.2 Model penghalang potensial	12
Gambar 2.3 Rangkaian Sederhana Sensor Gas	13
Gambar 2.4 Perubahan konsentrasi Gas Sensor MQ 136.	13
Gambar 2.5 Sensor MQ 136.....	14
Gambar 2.6 Perubahan konsentrasi Gas Sensor TGS 2602	14
Gambar 2.7 Sensor TGS 2602.	14
Gambar 2.8 Susunan Sel Galvani	15
Gambar 2.9 Skema alat analisis secara potensiometri	17
Gambar 2.10 Bentuk dasar elektoda selektif.....	18
Gambar 2.11 Susunan potensiometri.	19
Gambar 2.12 Rangkaian potensiometer untuk pengukuran pH	20
Gambar 2.13 Chip ATmega328	22
Gambar 2.14 Blok diagram ATmega328	22
Gambar 2.15 Pin ATmega328	23
Gambar 2.16 Model Struktur <i>Neural Network</i>	25
Gambar 3.1 Gambar sistem identifikasi kualitas susu	28
Gambar 3.2 Blok diagram sistem identifikasi kualitas susu sapi.....	28
Gambar 3.3 Rangkaian MQ-136.....	30
Gambar 3.4 Rangkaian TGS2602	30
Gambar 3.5 Perancangan sensor potensiometri	31
Gambar 3.6 Rangkaian konverter sensor potensiometri	32
Gambar 3.7 Rangkaian regulator menggunakan LD1117.....	33
Gambar 3.8 Rangkaian CH340	33
Gambar 3.9 Rancangan <i>neural network</i>	36
Gambar 3.10 Rancang Bangun GUI	36
Gambar 4.1 Setup Pengujian Susu Sapi.....	37
Gambar 4.2 Proses pengambilan data sensor gas.....	38
Gambar 4.3 Grafik Percobaan Susu Segar	40

Gambar 4.4 Grafik Percobaan Susu Basi	41
Gambar 4.5 Grafik Percobaan Susu Sangat Basi	42
Gambar 4.6 Grafik Susu Segar, Basi, Sangat Basi.....	42
Gambar 4.7 Proses pengambilan data potensiometri.....	43
Gambar 4.8 Grafik Tegangan pada cairan tertentu.....	44
Gambar 4.9 Grafik Normalisasi Percobaan 1	45
Gambar 4.10 Grafik Tegangan pada cairan tertentu.....	46
Gambar 4.11 Grafik Normalisasi Percobaan 2	47
Gambar 4.12 Grafik cairan berbeda pada potensiometri	47
Gambar 4.13 Proses pengambilan data	48
Gambar 4.14 Grafik Percobaan jarak	49
Gambar 4.15 Grafik Percobaan Susu Segar	50
Gambar 4.16 Grafik Percobaan Susu Basi	51
Gambar 4.17 Grafik Percobaan Susu Sangat Basi	52
Gambar 4.18 Grafik Percobaan Susu Segar, Basi, Sangat Basi	52
Gambar 4.19 Grafik Hasil Sensor Potensiometri tiap jam	54
Gambar 4.20 Grafik Hasil Sensor Gas tiap jam	54
Gambar 4.21 Grafik Normalisasi Data Sensor Elektroda.....	55
Gambar 4.22 Hasil training MSE dengan Iterasi.....	56
Gambar 4.23 Hasil testing susu sapi sangat basi	59
Gambar 4.24 Hasil testing susu sapi basi	60
Gambar 4.25 Hasil testing susu sapi sangat segar	60

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Tentang Kualitas Susu	5
Tabel 2.2 Penelitian tentang <i>Electronic Nose</i>	7
Tabel 2.3 Syarat Mutu Susu Segar	8
Tabel 3.1 Fungsi sensor yang digunakan	29
Tabel 3.2 Nilai Target pada Proses Pembelajaran	35
Tabel 3.3 Nilai awal dari <i>neural network</i>	35
Tabel 4.1 Definisi tingkat kesegaran susu sapi yang diuji	39
Tabel 4.2 Percobaan Sensor pada Susu segar	39
Tabel 4.3 Percobaan Pada Susu Basi	40
Tabel 4.4 Percobaan Pada Susu Sangat Basi	41
Tabel 4.5 Nilai Tegangan Potensiometri Pada Sampel Cairan yang Berbeda.	43
Tabel 4.6 Nilai Hasi normalisasi data	44
Tabel 4.7 Nilai Tegangan Potensiometri Pada Sampel Cairan yang Berbeda	45
Tabel 4.8 Nilai Hasil normalisasi data	46
Tabel 4.9 Tabel nilai tegangan elektroda	48
Tabel 4.10 Percobaan Sensor pada Susu segar	49
Tabel 4.11 Percobaan Pada Susu Basi	50
Tabel 4.12 Percobaan Pada Susu Sangat Basi	51
Tabel 4.13 Percobaan Perhitungan Susu Setiap 2 Jam	53
Tabel 4.14 Hasil Normalisasi data	55
Tabel 4.15 Hasil training <i>Neural Network</i>	56
Tabel 4.16 Data hasil normalisasi susu segar	57
Tabel 4.17 Data hasil normalisasi susu basi	57
Tabel 4.18 Data hasil normalisasi susu sangat basi	58
Tabel 4.19 Hasil Pengujian data.....	59

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Susu merupakan konsumsi yang biasa ada pada setiap hari untuk memenuhi kebutuhan gizi manusia. Susu yang diminum pun bermacam-macam, misalnya susu asli yang biasanya langsung dari hewan contohnya sapi, susu bubuk maupun susu kaleng. Susu asli mempunyai waktu kesegaran susu yang terbilang singkat setelah susu tersebut dimasak. Susu ini tiap harinya akan berubah setiap komposisi yang terdapat pada susu. Ini dikarenakan ada bakteri yang terdapat pada susu tersebut. Apabila bakteri-bakteri yang terdapat pada susu tersebut berkembang, maka susu tersebut akan mengalami kerusakan. Bakteri-bakteri tersebut akan menyebabkan susu akan busuk atau pun tidak segar lagi.

Pendeteksian kualitas susu sangat susah dilakukan karena peralatan yang sangat sedikit. Masyarakat biasanya akan melakukan pengecekan dengan cara tradisional yaitu dengan mencium bau dari susu dan akan mencoba sedikit meneteskan susu ke lidah mereka. Ini akan sangat berbahaya dikarenakan kedua indra tersebut sangat sensitif, dengan menggunakan cara seperti itu bisa saja akan mengakibatkan bakteri yang terdapat pada susu akan berpindah ke manusia. Ini akan menyebabkan manusia mungkin akan terserang penyakit, seperti mual dikarenakan bau yang tidak sedap maupun sakit perut dikarenakan susu yang dicobanya tadi.

Aktifitas ini tentunya akan sangat berbahaya bagi kesehatan manusia oleh sebab itu dirancang sebuah alat yang akan menggantikan fungsi dari kedua indra manusia tersebut yaitu dengan menggunakan deret sensor gas yang akan berfungsi sebagai pengganti dari hidung, dan deret sensor elektroda yang akan berfungsi sebagai pengganti dari lidah. Sistem sensor ini akan menggunakan metode pengenalan *Neural Network* untuk mengetahui kualitas dari susu tersebut.

Pada beberapa penelitian sebelumnya sudah terdapat berbagai penelitian yang mencoba untuk membuat tiruan dari fungsi hidung dan lidah. Sensor gas yang biasa digunakan untuk menggantikan fungsi hidung, dan sensor pH digunakan untuk mengganti fungsi lidah. Penelitian untuk mendeteksi kesegaran susu dengan

menggunakan *electronic tongue* dengan sensor pH [1], penelitian ini mengatakan hanya dengan pH sensor, hasil untuk mengetahui perbedaan kesegaran susu tidak dapat dilakukan dengan maksimal, sehingga menyarankan untuk menggunakan sensor tambahan seperti sensor gas. Penelitian untuk mengetahui kualitas dari susu dilakukan dengan cara osmolalitas dari susu [2]. Peneliti membandingkan nilai dari osmolalitas dan pH susu selama masa fermentasi. Dengan cara ini juga dapat diketahui susu palsu. Penelitian untuk kualitas susu dilakukan dengan cara melihat effect dari frekuensi waktu setiap pemerahan susu pada sapi. Hasil penelitian ini didapatkan apabila pemerahan susu dilakukan setiap hari, maka kualitas dari susu akan berkurang, dan mengurangi produksi sebesar 29% pada pemerahan susu tersebut.

Penelitian juga dilakukan dari melihat jumlah dari mikrobiologi pada susu untuk mengetahui kualitas dari susu tersebut [3]. Penelitian ini menunjukkan bahwa jumlah mikrobiologi pada susu yang dijual sudah cukup baik untuk dikonsumsi, dan masa fermentasi dari tiap mikrobiologi belum tumbuh secara signifikan. Pertumbuhan yang signifikan dari mikrobiologi dapat memicu rusaknya kualitas dari susu tersebut. Penelitian juga dilakukan dengan cara mengetahui kerapatan dalam susu dengan cara melakukan penelitian dengan menggunakan sensor ultrasonic [4]. Peneliti melihat hasil pemantulan gelombang ultrasonic yang dipancarkan ke susu. Sehingga dari pemantulan tersebut akan melihat hasil dari susu.

Dari tiap penelitian di atas, upaya melakukan peniruan indera manusia yang terdapat pada manusia, yaitu lidah dan hidung. Makalah ini akan meneliti tentang kualitas dari susu yang menggunakan deret sensor gas dan elektroda. Deret sensor gas akan digunakan untuk mendeteksi aroma yang dihasilkan dari susu, sedangkan deret sensor elektroda akan mendeteksi rasa dari susu. Sehingga dari hasil pengamatan dari kedua sensor tersebut akan didapatkan data yang akan dilakukan pengenalan untuk menentukan kualitas dari susu tersebut. Hasil dari pengenalan tersebut didapatkan dari metode *Neural Network* yang digunakan untuk menentukan kualitas susu.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana membedakan kualitas susu dari uapnya.
2. Bagaimana membedakan kualitas susu dari cairan senyawa dalam susu.
3. Bagaimana output dari sensor untuk mengenali kualitas dari susu.

1.3 Tujuan

Dari penelitian yang dilakukan ini tujuan yang diharapkan dari kinerja sistem deret sensor ini adalah:

1. Penggunaan deret sensor yang berbeda yang dapat memberikan pola yang spesifik pada aroma sampel susu yang mempunyai kualitas berbeda.
2. Mampu mengenali perubahan senyawa susu yang diakibatkan oleh perubahan kualitas dari susu.
3. Penggunaan *Neural Network* yang dapat dilatih untuk mengenali setiap kualitas susu.

1.4 Kontribusi

Sehingga dari tujuan-tujuan tersebut penelitian ini memiliki berbagai manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. Dengan adanya penelitian ini akan memudahkan masyarakat untuk melakukan pengecekan kualitas susu dengan mudah, tepat dan cepat.
2. Dengan adanya penelitian ini akan mampu memberikan pengetahuan yang lebih dalam bidang elektronika terutama dalam penelitian untuk mewujudkan tiruan indera manusia yang diwujudkan dalam bentuk sensor untuk menggantikan kerja dari indera tersebut.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 2

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Tentang Kualitas Susu

Pada bagian ini akan menunjukkan penelitian-penelitian yang telah dilakukan untuk mencari kualitas susu, sehingga dari penelitian yang telah ada akan menjadi sebuah studi literatur untuk mengembangkan penelitian tersebut dan juga sebagai bahan referensi dalam penelitian yang akan saya buat. Pada Tabel 2.1 akan menunjukkan penelitian yang telah ada dan juga perbedaan antara penelitian yang akan dibuat pada bagian makalah ini.

Tabel 2.1 Penelitian Tentang Kualitas Susu

No.	Penelitian	Oleh	Fokus penelitian dan perbedaan penelitian yang akan dibuat
1.	<i>Effect of frequency of milking on yield, composition and processing quality of milk</i>	O'Brien dkk, 2001	Penelitian ini meneliti kualitas susu apabila pemerahan susu dilakukan dengan terus-menerus atau berkala, perbedaan yaitu melakukan uji laboratorium dan berat jenis susu untuk menentukan kualitas susu tersebut
2.	<i>Application of osmometry in quality analysis of milk</i>	Colin Musara dan William Pote, 2013	Penelitian ini dalam menentukan kualitas susu yaitu dengan menggunakan metode osmosis yang merupakan proses difusi melewati membrane semipermeabel.
3.	<i>Physicochemical and Microbiological Goat Milk Quality Indices</i>	Simonenko, 2010	Pada Penelitian ini meneliti jumlah mikrobiologi pada setiap perubahan kualitas susu

No.	Penelitian	Oleh	Fokus penelitian dan perbedaan penelitian yang akan dibuat
4.	<i>Microbiological Quality and Safety Assessment of the Rwandan Milk and Dairy Chain</i>	Kamana, dkk 2013	Penelitian ini juga melakukan uji laboratorium untuk meneliti kualitas susu.
5.	<i>A Wireless Passive pH Sensor for Real-Time In Vivo Milk Quality Monitoring</i>	Bhadra, dkk 2012	Pada penelitian ini hanya menggunakan sensor pengganti lidah yang menggunakan pH meter untuk mengetahui perubahan dari kualitas susu
6.	<i>Electronic Tongue for Fresh Milk Assessment</i>	Boon Tang and Syafiq 2013	Pada penelitian ini hanya menggunakan sensor pengganti lidah yang menggunakan pH meter untuk mengetahui perubahan dari kualitas susu
7.	Rancang Bangun Kualifikator Susu Sapi Berbasis Mikrokontroler	Tri Santoso, 2016	Pada penelitian ini menggunakan pH meter dan mengukur berat jenis susu hasil pengukuran dari sensor langsung di klasifikasikan output tanpa metode pengenalan untuk pada proses penentuan kualitas susu tersebut.
8.	Rancang Bangun Model Mekanik Alat untuk Mengukur Kadar Keasaman Susu Cair, Sari Buah dan Soft Drink	Bayu Noorulil, 2010	Penelitian ini membuat rancang bangun untuk dalam mengukur kadar keasaman susu dan mengukur nilai keasaman langsung tanpa menggolongkan susu tersebut.

Pada Tabel 2.2 menunjukkan beberapa penelitian yang menggunakan prinsip kerja dari indra manusia yaitu hidung.

Tabel 2.2 Penelitian tentang *Electronic Nose*

No	Judul Penelitian	Sensor yang digunakan	Fungsi Sensor yang digunakan
1	<i>Identification of optimum blossoming stage of Jasminum Sambac Ait. flowers for concrete extraction using electronic nose</i> (Hena Ray, 2016)	TGS 2620 TGS 823 TGS 825 TGS 832 TGS2602	Pada penelitian ini sensor digunakan untuk mendeteksi senyawa kimia yang terdapat pada aroma bunga jasmin yaitu <i>Phenyl methyl easter, Linalool, Benzyl Alcohol, Indole.</i>
2	<i>Design of temperature and humidity Sensors for an electronic nose used in rotten food</i> (Nihad Benabdellah, 2016)	TGS 822 MQ136 MQ137	Mendeteksi Gas ammonia NH ₃ , Hidrogen sulfide H ₂ S, dan uap pelarut organik
3	<i>A novel fuzzy based signal analysis technique in electronic nose and electronic tongue for black tea quality analysis</i> (Angiras Modaka, 2016)	TGS 832 TGS 823 TGS 2600 TGS 2610 TGS 2611	Mendeteksi senyawa kimia dari aroma the yaitu Linalool, Geraniol, Methyl Salicylate, Trans-2-hexanal.
4	<i>Application of electronic nose technology in the detection of wheat quality</i> (Wenjing Lu, 2016)	TGS 813 TGS 821 TGS 825	Mendeteksi Hidrogen, alcohol dan nitrogen

2.2 Kualitas Susu Berdasarkan SNI

Persyaratan kualitas susu telah diatur dalam SNI (Standar Nasional Indonesia) nomor 3141.1:2011 [7]. Pada Tabel 2.3 menunjukan syarat mutu susu segar yang dirumuskan oleh SNI. Syarat mutu tersebut merupakan standart yang digunakan di Indonesi untuk mengetahui kualitas dari susu yang akan dikomsumsi oleh banyak orang. Apabila susu tidak sesuai standart yang ditetapkan maka susu tersebut memiliki kualitas yang buruk atau kata lain susu mulai membusuk. Sehingga susu tersebut akan di sortir dan dipindahkan untuk tidak dikomsumsi. Selain Standar Nasional Indonesia yang telah ditetapkan untuk kualitas susu, ada juga beberapa faktor yang menunjukan perubahan kualitas susu yang diakibatkan oleh pertumbuhan mikrobiologi.

Persyaratan yang diatur oleh SNI tersebut mengukur beberapa karakteristik utama pada susu, dimana uji utama yaitu pengujian karakteristik berat jenis dan juta warna, bau, ras, kekentalan pada susu. Pada proses yang lain karakteristik susu di teliti dan ditetapkan standar yang khusus yang dapat dikomsusi oleh manusia. Karakteristik tersebut yaitu karakteristik derajat asa, nilai pH dan juga pengujian jumlah alcohol pada sampel susu yang akan dikomsumsi oleh masyarakat.

Tabel 2.3 Syarat Mutu Susu Segar [7], [8], [9]

No.	Karakteristik	Satuan	Syarat
1.	Berat Jenis (Pada suhu 27,5 °C)	g/ml	1,0270
2.	Kadar lemak minimum	%	3,0
3.	Kadar bahan kerung tanpa lemak minimum	%	7,8
4.	Kadar protein minimum	%	2,8
5.	Warna, bau, rasa, kekentalan	-	Tidak ada perubahan
6.	Derajat asam	°SH	6,0 – 7,5
7.	pH	-	6,3 – 6,8
8.	Uji alkohol (70 %)	-	negatif

Berikut adalah perubahan yang terjadi pada susu akibat adanya pertumbuhan mikrobiologi:

1. Produksi gas

Produksi gas oleh bakteri yang tumbuh pada susu biasanya terjadi bersamaan dengan pembentukan asam dan merupakan perubahan yang tidak diinginkan, kecuali pada beberapa produk. Bakteri pembentuk gas yang tumbuh pada susu misalnya bakteri *koliform*, *Clostridium sp.*, *Bacillus* pembentuk gas yang menghasilkan hidrogen dan CO₂, *khamir*, bakteri *propionat*, serta bakteri asam laktat *heterofermentatif* yang banyak memproduksi gas CO₂. Terbentuknya gas pada susu ditandai dengan pembentukan buih pada permukaan susu, gelembung gas yang tertangkap pada gumpalan susu (*curd*), pengapungan gumpalan susu yang mengandung gelembung gas, atau pemisahan gumpalan susu karena pembentukan gas secara cepat yang dikenal sebagai *stormy fermentation* (bekuan yang dirusak oleh gas).

2. Pembentukan asam

Laktosa yang terdapat pada susu tersedia dalam jumlah yang cukup banyak dan mudah difermentasi, maka perubahan yang terjadi pada susu terutama adalah fermentasi asam oleh bakteri, kecuali jika kondisi tidak memungkinkan untuk pertumbuhan atau tidak adanya bakteri pembentuk asam tersebut didalam susu. Pembentukan asam akan menyebabkan terjadinya koagulasi protein sehingga protein terpisah dari laktoserum. Bakteri yang berperan dalam pembentukan asam pada susu terutama adalah bakteri asam laktat, misalnya misalnya *Streptococcus*, *Lactobacillus*, *koliform*, *Micrococcus*, *Microbacterium*, *Bacillus*, dan *Clostridium*. Pasteurisasi atau pemanasan pada susu dapat membunuh bakteri yang aktif memproduksi asam, tetapi bakteri yang tahan panas seperti *Enterococcus*, *S. thermophilus*, dan *lactobacillus* masih dapat tumbuh dan menyebabkan fermentasi asam laktat.

3. Proteolisis

Hidrolisasi protein susu oleh mikroba biasanya disertai dengan timbulnya rasa pahit yang disebabkan oleh pembentukan peptida. Reaksi proteolisis

dipengaruhi oleh penyimpanan pada suhu rendah, in-aktivasi bakteri pembentuk asam oleh panas, pemecahan asam yang terbentuk pada susu oleh kapang dan khamir, atau netralisasi asam oleh produk mikroba lainnya. Proteolisis asam merupakan pengerutan gumpalan susu dan pengeluaran laktoserum yang berlebihan yang diikuti dengan pemecahan gumpalan susu sehingga penampakan berubah dari keruh menjadi bening. Bakteri yang mempunyai sifat proteolitik aktif yaitu *Micrococcus*, *Alcaligenes*, *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *seratia*, dan bakteri pembentuk spora yaitu *Bacillus* dan *Clostridium*.

4. Pembentukan lendir

Pembentukan lender dapat disebabkan oleh bakteri yang biasanya terdiri dari polisakarida, yang terjadi pada suhu rendah dan menurun jika keasaman meningkat, ada 2 macam pelendiran yang terjadi oleh bakteri yaitu pelendiran pada permukaan atas susu dan pelendiran pada seluruh bagian susu.

5. Perubahan lemak susu

Lemak susu dapat dipecah oleh berbagai bakteri, khamir, dan kapang. Bakteri pemecah lemak kebanyakan bersifat aerobik fakultatif, proteolitik, dan tidak membentuk asam.

6. Produksi alkali

Reaksi alkali disebabkan oleh pembentukan amonia atau pembentukan karbonat, misalnya dari asam organik seperti asam sitrat. Kebanyakan bakteri ini dapat tumbuh pada suhu sedang sampai rendah, dan tahan suhu pasteurisasi, misalnya *Pseudomonas fluorescens* dan *A. viscolactis*.

7. Perubahan cita rasa

Rasa susu yang normal/baik didapat dari dua komponen keseimbangan sebagai yaitu, keseimbangan antara rasa manis laktosa susu dengan rasa asin dari mineral (Natrium Klorida), keseimbangan antara lemak dengan protein. Pertumbuhan mikroba pada susu dapat menyebabkan cita rasa asam, pahit, hangus dan perubahan lainnya. Keasaman pada susu dapat disebabkan oleh pertumbuhan bakteri asam laktat atau bakteri pembentuk asam lainnya. Jika *S. lactis* dan *Leuconostoc sp.* tumbuh bersama akan terbentuk rasa asam

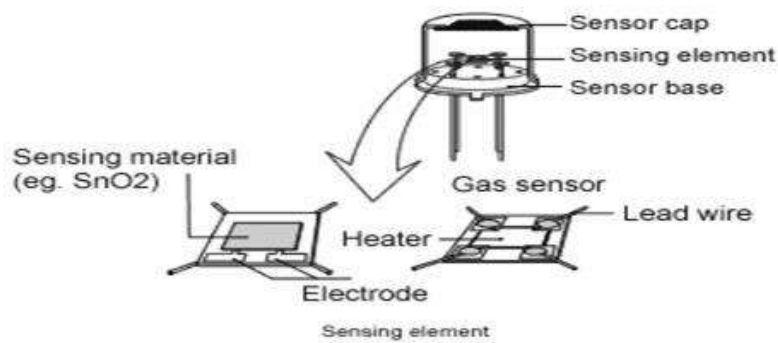
yang bersifat aromatik. Tetapi jika terbentuk asam-asam lain seperti asam format, asetat dan butirrat oleh bakteri koliform akan terbentuk rasa asam yang tajam yang tidak dikehendaki. Rasa pahit dapat disebabkan oleh proteolisis, lipolisis, atau fermentasi laktosa. Susu yang berasal dari sapi pada akhir periode laktasi kadang-kadang terasa agak pahit. Organisme lain yang merupakan penyebab cita rasa pahit misalnya bakteri koliform dan khamir *asporogenus*. Beberapa bakteri jika tumbuh pada susu dapat menimbulkan bau hangus atau karamel, misalnya *S. lactis var. maltigenes*. Perubahan cita rasa lainnya yang mungkin terjadi pada susu tetapi lebih jarang terjadi misalnya bau busuk, bau buah-buahan, ester dan alkoholik, bau ikan, bau sabun, dan bau kentang.

2.3 Sensor Gas

Susu yang tidak baik kualitasnya akan berubah komposisi apabila susu mulai busuk. Bakteri *Lactococci* akan mengkonversi susu menjadi glukosa. Hal ini juga dapat dilihat dari banyaknya gas karbon dioksida (CO_2) yang dilepaskan selama masa fermentasi [10]. Salah satu sensor yang dapat mendeteksi gas CO_2 adalah TGS4161.

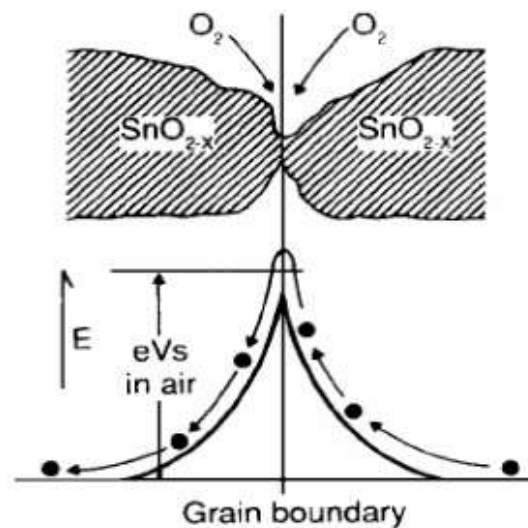
Sensor gas terdiri dari elemen sensor, dasar sensor dan tudung sensor. Elemen sensor terdiri dari bahan sensor dan bahan pemanas untuk memanaskan elemen. Elemen sensor menggunakan bahan-bahan seperti timah (IV) oksida SnO_2 , wolfram (VI) oksida WO_3 , dan lain-lain, tergantung pada gas yang hendak dideteksi. Gambar 2.1 menunjukkan susunan (struktur) dasar sensor gas.

Bila suatu kristal oksida logam seperti SnO_2 dipanaskan pada suhu tinggi tertentu di udara, oksigen akan teradsorpsi pada permukaan kristal dengan muatan negatif. Elektron-elektron donor pada permukaan kristal ditransfer ke oksigen teradsorpsi, sehingga menghasilkan suatu lapisan ruang bermuatan positif. Akibatnya potensial permukaan terbentuk, yang akan menghambat aliran elektron. Di dalam sensor, arus listrik mengalir melalui bagian-bagian penghubung (batas butir) kristal-kristal mikro SnO_2 . Pada batas-batas antar butir, oksigen yang teradsorpsi membentuk penghalang potensial yang menghambat muatan bebas bergerak.

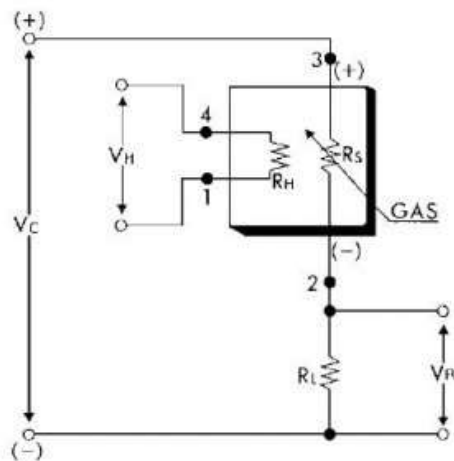


Gambar 2.1 Susunan dasar sensor gas [10]

Tahanan listrik sensor disebabkan oleh penghalang potensial ini. Gambar 2.2 menunjukkan model penghalang potensial antar butir kristal mikro SnO₂ pada keadaan tanpa adanya gas yang dideteksi. Dalam lingkungan adanya gas pereduksi, kerapatan oksigen teradsorpsi bermuatan negatif pada permukaan semikonduktor sensor menjadi berkurang, sehingga ketinggian penghalang pada batas antar butir berkurang. Ketinggian penghalang yang berkurang menyebabkan berkurangnya resistansi sensor butir dalam lingkungan gas.



Gambar 2.2 Model penghalang potensial [10]

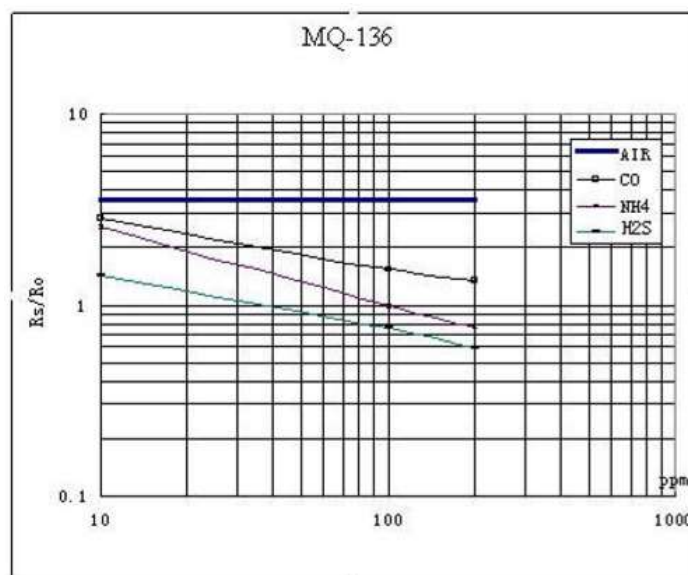


Gambar 2.3 Rangkaian Sederhana Sensor Gas [11]

Sehingga dari perubahan dari resistansi pada sensor ini, dapat diubah menjadi perubahan tegangan dengan menggunakan rangkaian sederhana seperti pembagi tegangan. Pada Gambar 2.3 merupakan rangkaian sederhana untuk membangkitkan perubahan tegangan sensor gas.

Dimana dapat dilihat bahwa R_S merupakan simbol dari sensor gas, sedangkan V_H merupakan input dari sensor gas, dari Gambar 2.3, sensor gas akan diseri dengan resistor R_L untuk mendapatkan nilai output tegangan V_{RL} yang berasal dari pembagi tegangan V_C .

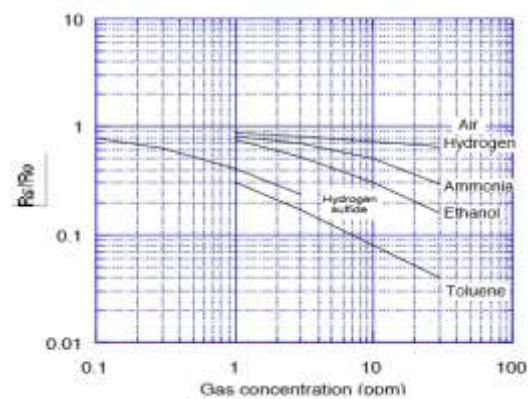
Sensor MQ 136 berfokus dalam mendeteksi gas H_2S dengan range deteksi antara 1-100 ppm, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Perubahan konsentrasi Gas Sensor MQ 136 [12]



Gambar 2.5 Sensor MQ 136 [12]



Gambar 2.6 Perubahan konsentrasi Gas Sensor TGS 2602 [11]



Gambar 2.7 Sensor TGS 2602 [11]

TGS 2602 mendeteksi gas VOC yang dapat mendeteksi dengan range 1 – 100 ppm. Sensor gas tersebut dapat diaplikasikan dengan mikrokontroller untuk mengkonversikan data hasil pembacaan analog ke digital.

2.4 Sensor Potensiometri

Potensiometri merupakan suatu metode analisis kimia, sesuai nama yang diusulkan, yang melibatkan pengukuran potensial dari suatu sel Galvani. Secara umum sel terdiri dari dua buah setengah sel dan kita dapat menggunakan persamaan Nernst untuk menghitung nilai potensial sel [13].

Pada Gambar 2.8 merupakan contoh perhitungan larutan dari satu sel galvani:

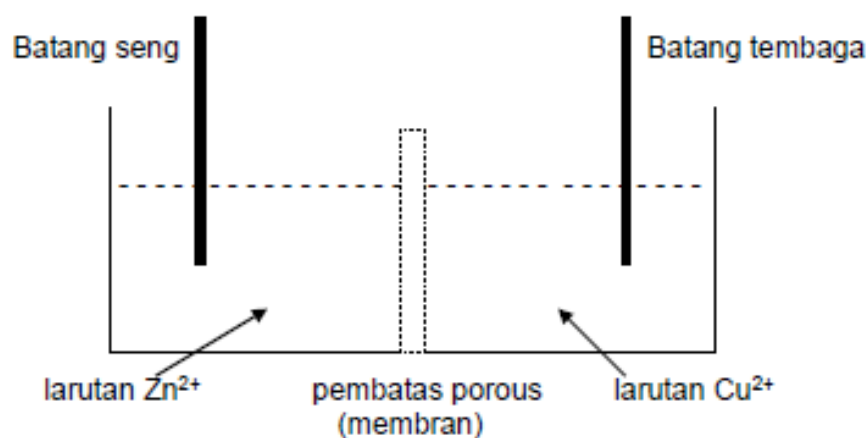


Dimana Zn adalah senyawa seng, Cu adalah senyawa tembaga. Sebagaimana persamaan Nernst bahwa hubungan aktivitas dengan potensial adalah [13], [14]:

$$E = E^0 - \frac{RT}{nF} \times \ln \frac{a(\text{bentuk tereduksi})}{a(\text{bentuk teroksidasi})} \quad (2.2)$$

Dimana E adalah potensial sel akhir, E^0 adalah nilai potensial awal, R merupakan konstanta gas, T adalah suhu, n adalah jumlah mol elektron yang dipertukarkan, F merupakan konstanta Faraday, a nilai reaksi laurtan.

Potensial tersebut dipakai untuk sistem potensiometri. Potensial setengah sel dijaga konstan dan bagian setengah sel ini lebih sering disebut elektroda pembanding (*reference electrode*). Seringkali jembatan garam yang menghubungkan dua buah setengah sel ini dirancang dengan pola-pola yang baru dan komposisi material yang tertentu.



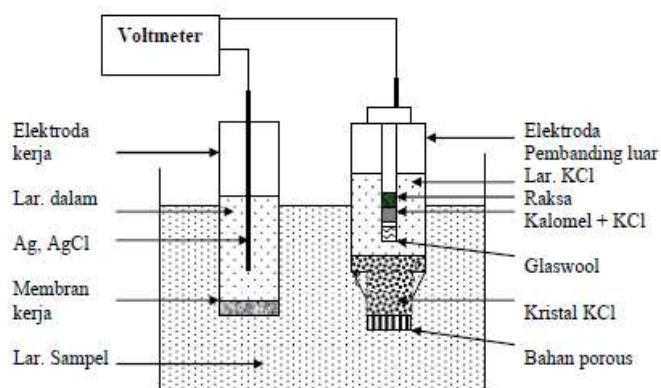
Gambar 2.8 Susunan Sel Galvani [13]

Pada bagian setengah sel yang lain yang mengandung analit (zat yang diukur), dimasukan suatu elektroda yang disebut elektroda kerja.

Beberapa hal penting yang dalam pemilihan suatu elektroda untuk analisis spesies zat tertentu adalah:

1. Elektroda sebaiknya dapat merespon secara Nernstian besarnya aktivitas spesies zat yang diukur.
2. Elektroda sebaiknya tidak merespon aktivitas spesies lain zat yang ada bersama spesies yang diukur. Maka elektroda ini sifatnya spesifik.
3. Elektroda sebaiknya tidak bereaksi dengan spesies zat yang ada dalam larutan. Maka elektroda ini disebut bersifat inert.
4. Permukaan elektroda sebaiknya tetap komposisinya (tidak berubah), meskipun hanya dilewati arus yang kecil.

Elektroda yang merespon ion dan sering disebut sebagai elektroda indikator dan pemilihan serta penggunaan elektroda merupakan kunci keberhasilan dari sistem potensiometri. Apabila suatu logam dapat merespon ion logam yang sejenis dalam larutan, ini tidak cukup selektif karena juga dapat merespon ion-ion logam lain. Dalam potensiometri pada dasarnya menggunakan suatu elektroda dengan rancangan khusus yang selektif terhadap ion tertentu yang sering disebut elektroda selektif ion (ESI). Elektroda yang paling sering dijumpai adalah elektroda gelas yang selektif terhadap ion H^+ dan pH. Secara umum teknik potensiometri menggunakan cara dan peralatan yang pada dasarnya dapat dilihat pada Gambar 2.9. Apabila akan mengukur suatu analit dalam larutan maka diperlukan suatu elektroda kerja yang spesifik dan selektif. Besarnya potensial (emf) diukur dengan membandingkan dengan elektroda pembanding. Besarnya emf dicatat dengan alat voltmeter atau potensiometer.

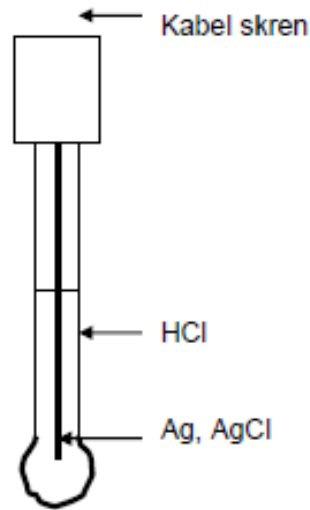


Gambar 2.9 Skema alat analisis secara potensiometri [13]

Keasaman dan pH dalam susu segar mempunyai sifat amfoter, yang artinya dapat bersifat asam dan basa sekaligus. Jika diberi kertas lakmus biru, maka warnanya akan menjadi merah, sebaliknya jika diberi kertas lakmus merah warnanya akan berubah menjadi biru. Potensial ion hydrogen (pH) susu segar terletak antara 6.5 - 6.7. Jika dilitrasi dengan alkali dan kataliasator penolptalin, total asam dalam susu diketahui hanya 0.10 - 0.26 % saja. Sebagian besar asam yang ada dalam susu adalah asam laktat. Meskipun demikian keasaman susu dapat disebabkan oleh berbagai senyawa yang bersifat asam seperti senyawa-senyawa pospat kompleks, asam sitrat, asam-asam amino dan karbondioksida yang larut dalam susu. Bila nilai pH air susu lebih tinggi dari 6,7 biasanya diartikan terkena mastitis dan bila pH di bawah 6,5 menunjukkan adanya kolostrum ataupun pemburukan bakteri.

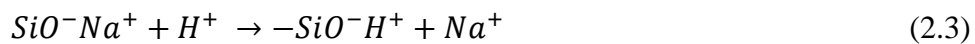
Untuk mendeteksi pH dalam susu, akan digunakan pengukuran pH dengan cara potensiometri, dalam pengukuran pH dapat juga dianalisa ion seperti Na^+ , K^+ dan NH_4^+ . Pada gambar 2.10 merupakan bentuk dasar dari elektroda selektif.

Suatu bahan membra gelas yang tipis berbentuk tabung, yang didalamnya diisi larutan standar internal, biasanya HCl dengan kosentrasi 1,0 mol/L. dalam larutan dicelupkan kawat perak yang dilapisi dengan perak klorida yang berfungsi sebagai elektroda pembanding dalam.



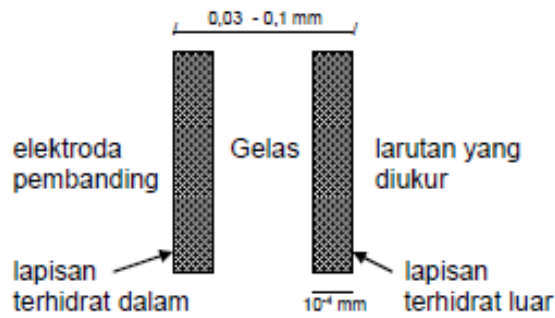
Gambar 2.10 Bentuk dasar elektoda selektif [13]

Kunci dari keselectifan elektroda ini ada pada membrane gelas. Gelas yang dipakai mengandung bahan aktif oksida Na_2O dan SiO_2 dan sedikit Al_2O_3 dan B_2O_3 yang saling membentuk ikatan. Lapisan muka dari gelas merupakan senyawa gugus silikat yang bekeseimbangan dengan ion natrium ($-\text{SiO}^- \text{Na}^+$). Ketika elektroda ini direndam dalam air, ion-ion natrium dipertukarkan dengan proton yang tersulfasi dalam air. Apabila dibuat skema reaksi pertukaran ionnya adalah:



Permukaan gelas sekarang digambarkan sebagai terhidrat. Membran gelas sekarang akan mempunyai lapisan terhidrat di bagian luar dan dalam, seperti dapat dilihat pada Gambar 2.11. Pada lapisan terhidrat dengan ketebalannya antara $10^{-5} - 10^{-6}$ mm, sisi anion berikatan kovalen dengan senyawa induk dalam gelas secara kuat. Pada bagian kation (H^+), disisi lain hanya saling terjadi pertukaran ion dengan ion lain yang ada dalam larutan luar atau dengan ion Na^+ dalam bodi gelas.

Jika elektroda ditempatkan pada larutan yang tidak diketahui pH-nya, aktivitas ion H^+ pada larutan yang diukur akan sangat berbeda dengan ion H^+ pada permukaan lapisan terhidrat. Hal ini akan membuat perbedaan potensial diantara larutan dan permukaan membran. Potensial ini disebut potensial antar muka (potensial lapisan tipis), yang besarnya ditentukan dengan perbedaan aktivitas ionnya. Potensial antar muka ini juga timbul pada permukaan dalam membran kaca, yang membentuk lapisan terhidrat dengan larutan HCl .



Gambar 2.11 Susunan potensiometri [13]

Membran kaca, dalam hal ini akan mempunyai dua buah potensial antar muka. Larutan digambarkan bermuatan positif dan lapisan terhidrat sebagai muatan negatif. Pemberian tanda muatan ini akan benar jika aktivitas ion H^+ lebih besar dalam larutan daripada dalam lapisan terhidrat. Jika aktivitas ion H^+ dalam lapisan terhidrat lebih besar daripada dalam larutan, tanda muatan akan kebalikannya.

Besarnya nilai potensial antar muka setiap lapisan akan berbeda. Berbagai faktor mempengaruhi nilai potensial antar muka ini. Untuk mengetahui hal itu kita awali dengan menuliskan pengertian potensial antar muka itu sendiri. Besarnya potensial antar muka (E_b) masing-masing permukaan adalah:

$$E_b \approx (a - a_n) \quad (2.4)$$

Dimana a dan a_h adalah aktivitas ion H^+ dalam larutan dan dalam lapisan terhidrat. Dengan cara yang sama kita dapat juga menuliskan nilai potensial antar muka pada permukaan dalam gelas. Keseluruhan potensial akan merupakan penjumlahan potensial antar muka lapisan luar dan dalam.

$$Total\ potensial \approx E_b(dalam) - E_b(luar) \approx (a - a_h) - (a_i - a_l) \quad (2.5)$$

yang mana a_i adalah aktivitas ion hidrogen dalam larutan pembanding dalam. Jika kita asumsikan bahwa aktivitas ion H^+ pada lapisan terhidrat luar dan dalam adalah sama, maka persamaannya akan menjadi:

$$Total\ Potensial \approx (a - a_i) \quad (2.6)$$

Tetapi karena aktivitas ion H^+ pada larutan dalam adalah konstan, maka persamaannya dapat dituliskan.

$$Total\ Potensial \approx a \quad (2.7)$$

Jadi nilai potensial hanya tergantung pada konsentrasi ion H^+ dalam larutan yang diukur.

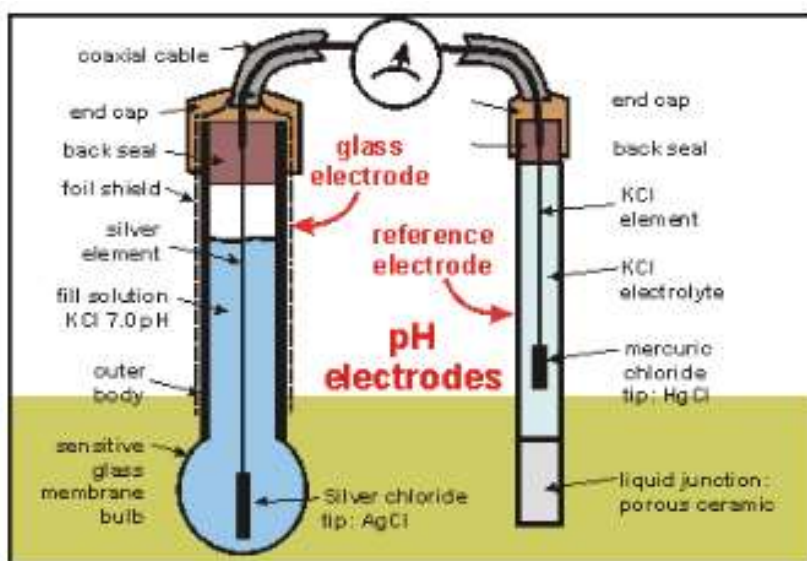
Apabila hubungan tersebut (antara aktivitas dan potensial) dikorelasikan dengan persamaan Nernst, maka besarnya potensial elektroda gelas pada 25oC adalah:

$$E(sel) = E^* + 0,0591 \log a (H^+) \quad (2.8)$$

Yang mana E^* adalah nilai potensial yang konstan yang mencakup potensial elektroda hidrogen standar, potensial elektroda pembanding dan potensial cairan penghubung antara elektroda pembanding dengan larutan yang diukur.

Selian untuk mendeteksi nilai H^+ , ion elektroda selektif dengan potensiometri juga dapat untuk mendeteksi kadar kalsium (Ca^{2+}). Pertama yang harus diperhatikan adalah memilih jenis elektroda kerja dan elektroda pembanding. Ada sejumlah elektroda kerja Ca^{2+} dengan sistem membrane padat, membrane cair penukar ion dan *carier netral*.

Gangguan spesies-spesies lain dapat ditekan dengan memakai membran cair pada pusat elektroda, yang dapat menyebabkan pergeseran pada pembacaan. Elektroda dengan sistem carier netral biasanya tidak cukup selektif, maka pada percobaan ini akan dipakai sistem membran padat penukar ion, yang merupakan pilihan yang terbaik. Seperti pada elektroda ESI ion F^- , ESI ion Ca^{2+} tidak terganggu adanya ion Cl^- dan dapat memakai elektroda pembanding Ag, AgCl.



Gambar 2.12 Rangkaian potensiomer untuk pengukuran pH [13]

Dalam pemilihan metode analisis sangat tergantung dari jumlah sampel dan tingkat gangguan ion lain. Untuk analisis dengan jumlah sampel yang sedikit dan dengan tingkat gangguan ion lain yang tinggi maka metode adisi standar merupakan pilihan yang tepat. Untuk analisis beer dengan metode ini tidak perlu teknik pemisahan yang sulit, cukup dengan penyaringan beer sebelum dianalisis untuk menghindari partikel-partikel besar penyumbat membran. Untuk analisis ion Ca^{2+} sistem ini pH yang optimum diantara pH 5 dan 6. Untuk itu perlu dibuat buffer yang mendukung ini. Untuk menghindari gangguan karena temperatur maka dilakukan analisis pada temperatur yang sama.

Selain itu juga dapat menghitung nilai natrium (Na^+). Kandungan natrium dapat dimonitor dengan analisis sistem potensiometri dengan menggunakan elektroda gelas. Di pasaran banyak dijual elektroda gelas natrium dari berbagai pabrik misalnya, ORION 80-03, AMEL 201-Na, Beckman 39278, Corning 47621000 dan masih banyak lagi. Instrumen untuk pengukuran natrium biasanya dirancang secara khusus baik secara otomatis maupun secara manual, dengan menghindari pemakaian alat-alat gelas (biasanya dipakai plastik atau stainlesssteel).

Reagen yang diperlukan untuk analisis adalah larutan standar natrium 23 ppm yang dibuat dengan melarutkan 0,117 gram NaCl kering (telah dipanaskan pada temperatur 250-350°C selama 1-2 jam) dengan akuades hingga volume 2 liter. Larutan disimpan dalam botol polietilen dan dapat bertahan stabil paling tidak untuk jangka waktu 6 bulan. Untuk pengukuran biasanya ditambahkan basa aditif untuk mengatur pH dan kekuatan ion. Berbagai bahan basa aditif yang dapat dipakai antara lain, amonia, tris (hidroksimetil) aminometan, sikloheksilamin, dimetilamin, dietilamin dan amina-amina primer dan sekunder yang lain. Penambahan basa aditif ini hingga diperoleh pH antara 10 – 11.

2.5 Konversi Analog Ke Digital

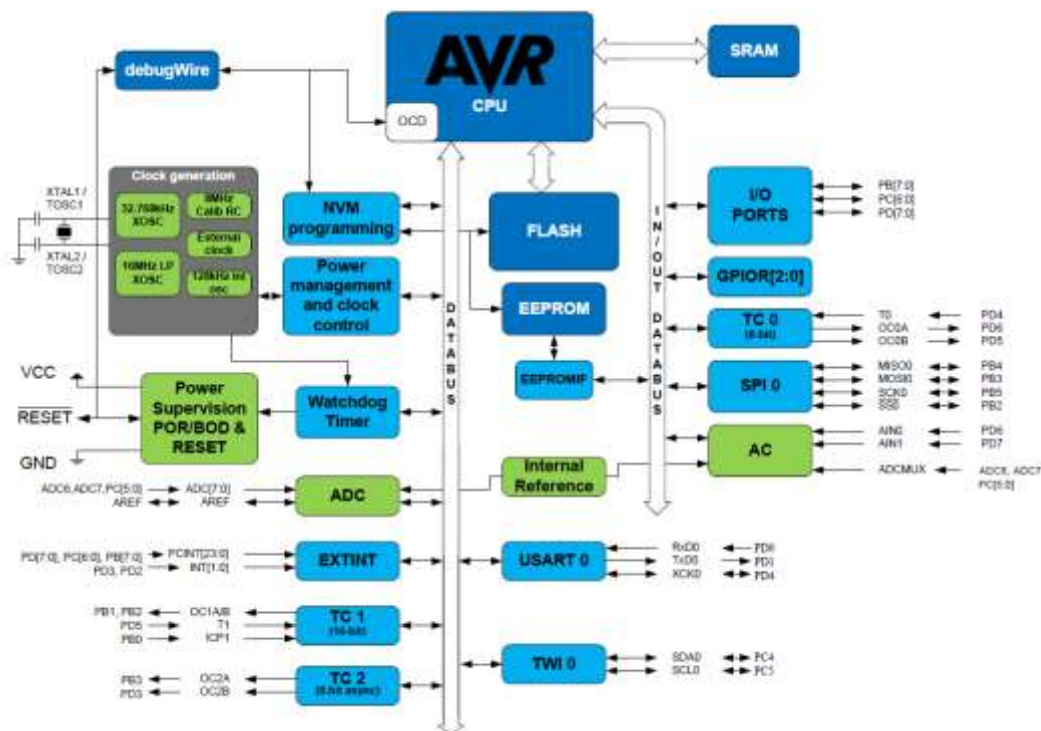
Konversis analog ke digital biasa menggunakan sebuah *Integrated Circuit* mikrokontroller. Resolusi analog ke digital atau *analog to digital converter* (ADC) sangat bergantung pada besarnya sinyal analog yang digunakan [10], [15]. Resolusi ADC didapatkan dari nilai input sinyal tegangan 0 – 5 Volt, apabila ADC yang

digunakan 10 bit maka resolusinya adalah $5/1024$ yaitu 0,00049 Volt atau 4,9 miliVolt.

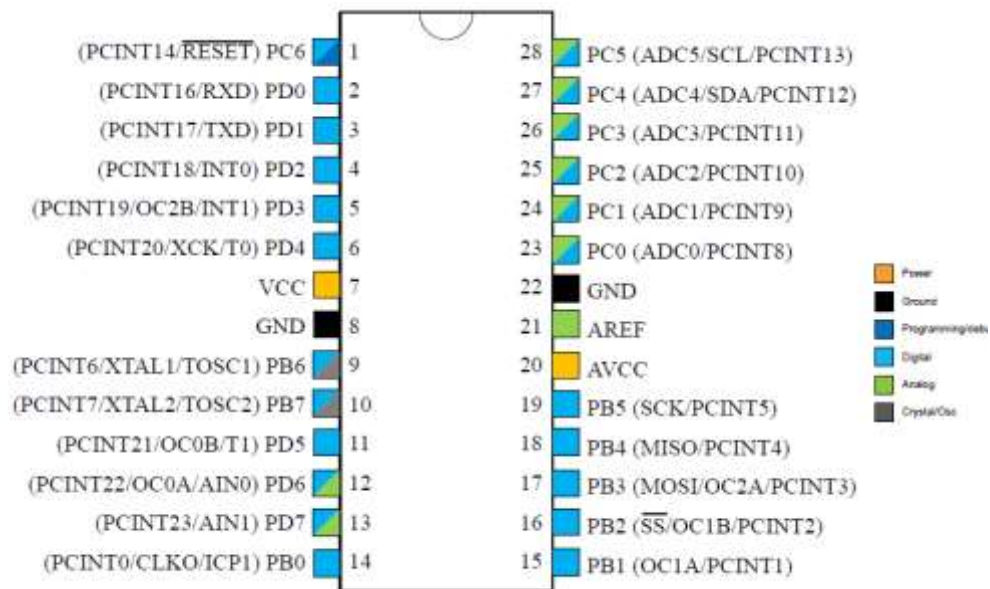
Pada tahapan ini konversi analaog ke digital digunakan *Integrated Circuit* (IC) yaitu mikrokontroller ATmega328. Mikrokontroller ini merupakan varian mikrokontroller yang menggunakan AVR 8 – bit.



Gambar 2.13 Chip ATmega328 [15]



Gambar 2.14 Blok diagram ATmega328 [15]



Gambar 2.15 Pin ATmega328 [15]

Pada ATmega328 ini memiliki beberapa pin yang terdiri dari Power (Pin 7), Ground (Pin 8 dan 22), AVCC (Pin 20), AREF (Pin 20) dan Ground (Pin 22). Untuk ADC pada ATmega328 memiliki 6 pin yang tersedia dengan kecepatan 10-bit. Untuk input dan output (I/O) pada ATmega328 ini tersediri 23 pin. Memori internal static random access (SRAM) sebesar 2 Kbytes. Kemampuan untuk read-while-write pada ATmega328 ini memiliki 32Kbytes besaran memori dalam melakukan aktifitas tersebut. Pada EEPROM atau *Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory* memilki besar kapasitas yaitu 1 Kbyte. Tersedia fitru RTC atau *Real Time Counter*. *Pulse Width Modulation* (PWM) memiliki tga fleksibel Timer / Counter sebagai pembadingnya. Terdapat sebanyak 32 Register. Terdapat *Universal Synchronous / Asynchronous Receiver / Transmitter* (USART) yang diprogram secara serial yang digunakan untuk menghubungkan chip mikrokontroller dengan perangkat lainnya misalnya komputer. Memiliki sebesar 1 byte-oriented 2 wire Serial Interface (I2C). 8 Channel di *Thin Profile Quat Flat Pack* (TQFP) dan paket *quad flat no leads* (QFN) / micro leadframe (MLF). Pada ATmega328 dapat disebut yaitu On-chip In-System Programmer (ISP) flash yang memungkinkan memori program untuk diprogram ulang dalam Serial Perpheral Interface (SPI). Sehingga memudahkan untuk menulis dan menghapus program yang akan dibuat untuk mengkontrol ATmega328 ini.

2.6 Neural Network

Neural network merupakan suatu metode Artificial Intelligence yang konsepnya meniru sistem jaringan syaraf yang ada pada tubuh manusia, dimana dibangun node-node yang saling berhubungan satu dengan yang lainnya. Node – node tersebut terhubung melalui suatu link yang biasa disebut dengan istilah weight. Ide dasarnya adalah mengadopsi cara kerja otak manusia yang memiliki ciri-ciri paralel processing, processing element dalam jumlah besar dan fault tolerance.

Neural network memiliki berbagai metode diantaranya adalah Back Propagation, Bidirectional Associate Memory atau lebih dikenal dengan istilah BAM, Hopfield Network, Counter Propagation Network dan masih banyak lagi metode-metode lainnya. Pada umumnya *Neural network* dibagi berdasarkan layer – layer yaitu input layer, hidden layer dan output layer.

Setiap node pada masing – masing layer memiliki suatu error rate, yang akan digunakan untuk proses training. *Neural network* dengan layer-layer memiliki konsep kerja sebagai berikut:

- a. Input layer menunggu user memasukan nilai input ke masing-masing nodenya
- b. Setelah masing-masing node di input layer memperoleh data yang dibutuhkan maka akan dikalikan weight (W) menghasilkan sum (jumlah)

$$NET = \theta_1 W_1 + \theta_1 W_2 + \dots + \theta_1 W_n = \sum \theta_i W_i \quad (2.12)$$

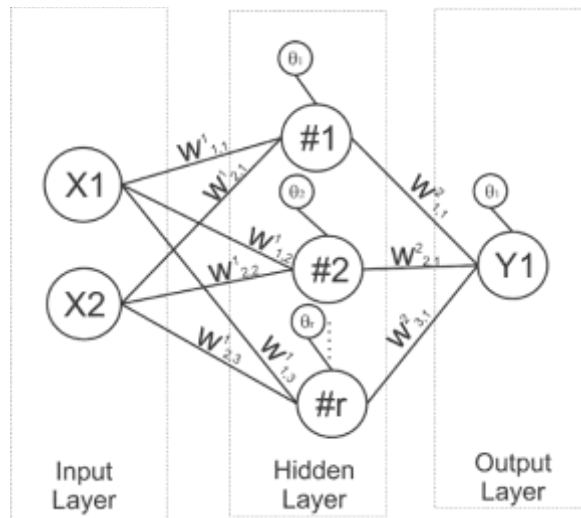
- c. Hasil tersebut akan dimasukan kedalam fungsi aktivasi yang digunakan, dengan rumus [16]:

$$OUT = F (NET) \quad (2.13)$$

Untuk *Backpropagation* umumnya menggunakan fungsi sigmoid biner dari fungsi sigmoid bipolar. Fungsi sigmoid biner pada Back seperti di bawah ini [16]:

$$F(v_j^1) = \frac{1}{1 + e^{-\alpha v_j}} \quad (2.14)$$

Dimana v_j nilai potensial dari neuron ke-j (1,2,...h), e adalah error, α fungsi aktivasi.



Gambar 2.16 Model Struktur *Neural Network*

2.6.1 Algoritma Backpropagation

Backpropagation merupakan metode dari *Neural network* yang dapat diaplikasikan dengan baik dalam bidang pengenalan. Backpropagation melatih jaringan untuk mendapatkan keseimbangan antara kemampuan jaringan mengenali pola yang digunakan selama training serta kemampuan jaringan untuk memberikan respon yang benar terhadap pola masukan yang serupa namun tidak sama dengan pola yang dipakai selama pelatihan.

Pada backpropagation yaitu berawal dilakukan dengan *feedforward* dimana pelatihan ini dilakukan untuk memperhitungkan bobot sehingga pada akhir pelatihan akan diperoleh nilai semua bobot yang baik. Selama proses pelatihan, nilai bobot diatur secara iterative untuk meminimumkan error (kesalahan) yang terjadi. Kesalahan dihitung berdasarkan rata-rata kuadrat kesalahan (MSE). Rata-rata kuadrat kesalahan juga dijadikan dasar perhitungan untuk kerja fungsi aktivasi.

Sebagian besar pelatihan untuk jaringan *feedforward* menggunakan gradien dari fungsi aktivasi untuk menentukan bagaimana mengatur nilai bobot dalam rangka meminimumkan kinerja. Gradien ini ditentukan dengan menggunakan suatu teknik yang disebut backpropagation akan menggerakkan bobot dengan arah gradien negative. Prinsip dasar dari algoritma backpropagation adalah memperbaiki bobot jaringan dengan arah yang membuat fungsi aktivasi menjadi turun dengan cepat.

Ada 3 fase pelatihan *Backpropagation* sebagai berikut:

1. Fase 1, yaitu propagasi maju (*feedfoward*)

Dalam propagasi maju, setiap sinyal masukan dipropagasi (dihitung maju) ke layar tersembunyi hingga layar keluaran dengan menggunakan fungsi aktivasi seperti pada Persamaan 2.15 [16].

$$v_j^{(1)} = \sum_{i=1}^n x_i w_{ji}^{(1)} + b_j^{(1)} \quad (2.15)$$

Dimana v_j nilai potensial dari neuron ke-j (1,2,...,h), x merupakan nilai masukan, w merupakan nilai bobot, dan b merupakan nilai bias.

2. Fase 2, yaitu propagasi mundur.

Kesalahan (selisih antara keluaran jaringan dengan target yang diinginkan) yang terjadi dipropagasi mundur mulai dari garis yang berhubungan langsung dengan unit-unit di layar keluaran. Nilai error didapatkan menggunakan Persamaan 2.16 [16].

$$E = \frac{1}{2} \sum_{r=1}^p (d_r - y_r)^2 \quad (2.16)$$

Dimana E merupakan nilai Error, d merupakan nilai terget, y merupakan nilai keluaran.

3. Fase 3, yaitu perubahan bobot.

Apabila $E > E_{\text{target}}$ maka dilakukan perubahan nilai bobot. Pada fase ini dilakukan modifikasi bobot dan bias untuk menurunkan kesalahan yang terjadi dengan menggunakan Persamaan 2.17 dan Persamaan 2.18 [16]. Ketiga fase tersebut diulang-ulang terus hingga kondisi penghentian dipenuhi.

$$w_{rj}^2(k+1) = w_{rj}^2(k) + \mu \delta_r^{(2)} x_{xout,j}^{(1)} \quad (2.17)$$

$$b_r^{(2)}(k+1) = b_r^{(2)}(k) + \mu \delta_r^{(2)} \quad (2.18)$$

Dimana k adalah iterasi, μ nilai laju pelatihan, δ nilai *portion of error correction weight adjustmen*.

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Proses penelitian ini memiliki 4 tahapan. Tahapan yang pertama adalah studi literatur mengenai kualitas susu, tahap kedua perancangan sistem kualitas susu sapi, tahap ketiga merancang sensor gas semikonduktor MQ-137, MQ-136, TGS 2602, tahap keempat merancang sistem sensor potensiometrik, tahap kelima perancangan *neural network* yang berfungsi sebagai identifikasi kualitas susu sapi. Setelah tahapan penelitian dilakukan dilakukan pengujian dan mengambil data – data yang diperlukan dalam penelitian ini.

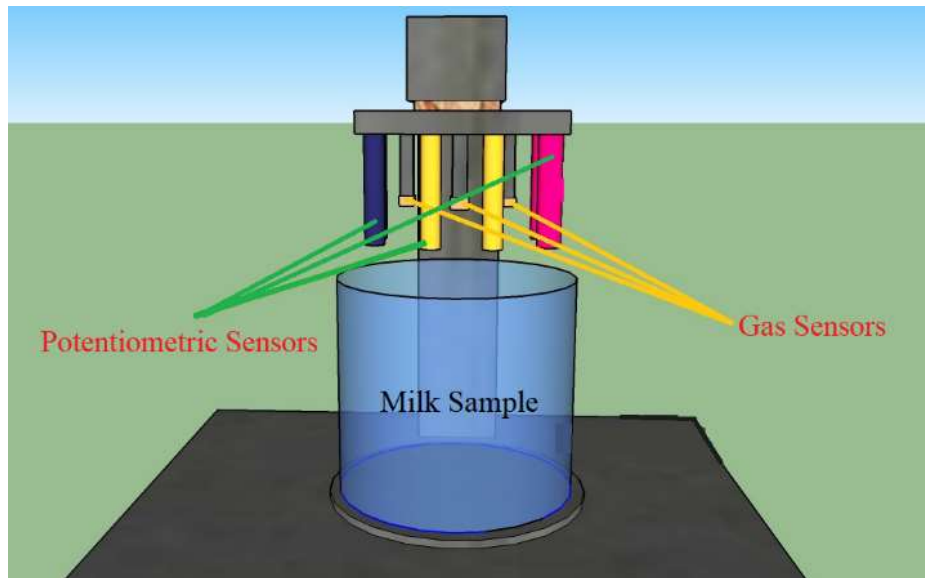
3.1 Studi Literatur Tentang Kualitas Susu

Studi Literatur pada kualitas susu sapi ini berfungsi untuk mempelajari dan mencari informasi dari jurnal dan buku yang berkaitan dengan penelitian. Informasi ini diperlukan untuk mengetahui tentang hardware, software, metode, serta hasil dan Analisa yang diperoleh. Studi literatur dari jurnal dan buku telah dijelaskan pada bab 1. Dari penelitian yang telah dilakukan ini dapat diperoleh informasi bahwa daging susu yang mengalami kerusakan yang terjadi oleh pertumbuhan mikroorganisme sehingga menghasilkan gas NH₃, H₂S dan VOC selain itu merubah perubahan senyawa pada susu. Untuk mendeteksi itu maka penelitian ini akan dilakukan dengan menggunakan sensor MQ-137 untuk mendeteksi NH₃, MQ-136 untuk mendeteksi gas H₂S, TGS 2602 untuk mendeteksi VOC, serta kombinasi antara elektroda referensi dan elektroda pengukur untuk membentuk sistem sensor potensiometri dalam mendeteksi perubahan senyawa kimia dalam susu.

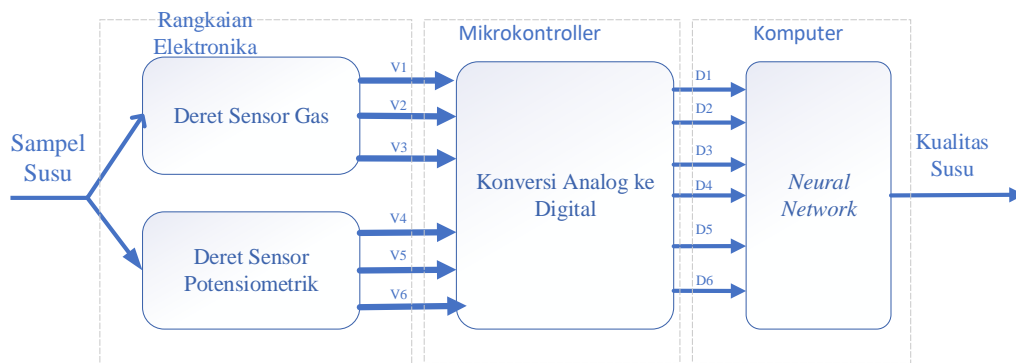
3.2 Perancangan Sistem Kualitas Susu Sapi

Dalam perancangan sistem ini dibuat sebuah box kotak untuk meletakkan rangkaian elektronika yang terdiri dari mikrokontroler dan rangkaian sensor potensiometri. Pada bagian atas box ini akan diletakkan gelas uji yang nantinya akan diisi oleh sampel cairan yang digunakan dalam penelitian ini. Dalam box controller ini akan dihubungkan dengan komputer untuk melihat hasil pembacaan sensor yang

telah dilakukan. Dalam komputer sendiri terdapat program *neural network* yang nantinya sebagai pengenalan pola kualitas susu sapi ini.



Gambar 3.1 Gambar sistem identifikasi kualitas susu



Gambar 3.2 Blok diagram sistem identifikasi kualitas susu sapi

Tabel 3.1 Fungsi sensor yang digunakan

No	Jenis Sensor	Fungsi
1	Sensor Gas MQ 137	Mendeteksi Gas NH_3
2	Sensor Gas MQ 136	Mendeteksi Gas H_2S
3	Sensor Gas TGS 2602	Mendeteksi Gas VOC
4	Kombinasi <i>Silver Calomel Reference</i> dan <i>Glass Electrodes</i>	Potensiometrik 1
5	Kombinasi <i>Calomel Reference</i> dan <i>Glass Electrodes</i>	Potensiometrik 2
6	Kombinasi <i>Silver Chloride Reference</i> dan <i>Glass Electrodes</i>	Potensiometrik 3

Pada Tabel 3.1 menunjukkan fungsi dari sensor dalam mendeteksi perubahan yang terdapat pada susu. Perubahan dari kondisi susu itu akan dibaca oleh sensor.

Pada Gambar 3.1 merupakan rancang bangun sistem keseluruhan, dimana kontroller akan terdapat pada dalam kotak, sedangkan komunikasi data akan digunakan komunikasi serial untuk menghubungkan pada komputer. Pada Gambar 3.2 merupakan blok diagram sistem dari identifikasi kualitas susu sapi.

3.3 Rancang Bangun Deret Sensor Gas

Pada sistem pendeteksian susu ini akan membuat sebuah sensor array gas, dimana sensor yang digunakan pada sistem ini berjumlah 3 buah. Sensor pertama yang digunakan yaitu sensor gas MQ-136 untuk mendeteksi gas H_2S , sensor gas MQ-137 untuk mendeteksi gas NH_3 dan sensor gas TGS 2602 untuk mendeteksi gas VOC.

Pada Gambar 3.3 merupakan gambar rangkaian MQ-136 yang akan mendeteksi gas H_2S . Pada Gambar 3.3 merupakan sensor rangkaian yang dapat juga

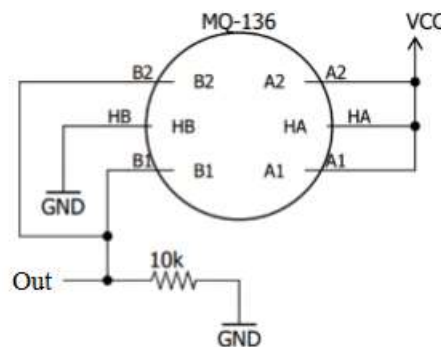
digunakan untuk sesnsor MQ-137 yang akan mendeteksi gas NH3. Pada Gambar 3.4 merupakan rangkaian TGS 2602 yang peka terhadap perubahan gas VOC.

Resistansi beban (R_L) nilainya tetap, tetapi nilai resistansi dalam sensor (R_S) akan berubah-ubah sesuai dengan jenis dan konsentrasi gas yang terdeteksi. Besarnya nilai tegangan keluaran dari sensor adalah:

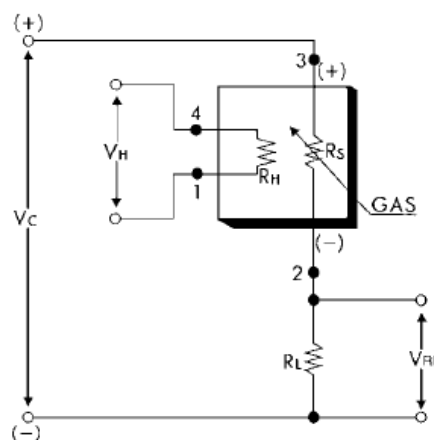
$$V_o = \frac{R_L}{R_S + R_L} \times V_c$$

Dimana V_o merupakan tegangan keluaran dari sensor, R_L merupakan resistansi beban, R_S merupakan tahanan dalam sensor, dan V_c merupakan tegangan input sensor yang bernilai 5 Volt.

Tegangan dari pembagi tegangan setiap sensor gas dihubungkan dengan pin ADC (analog-to-digital converter). Setelah itu data yang terbaca oleh ADC dikirim ke komputer dengan menggunakan komunikasi serial.



Gambar 3.3 Rangkaian MQ-136



Gambar 3.4 Rangkaian TGS2602

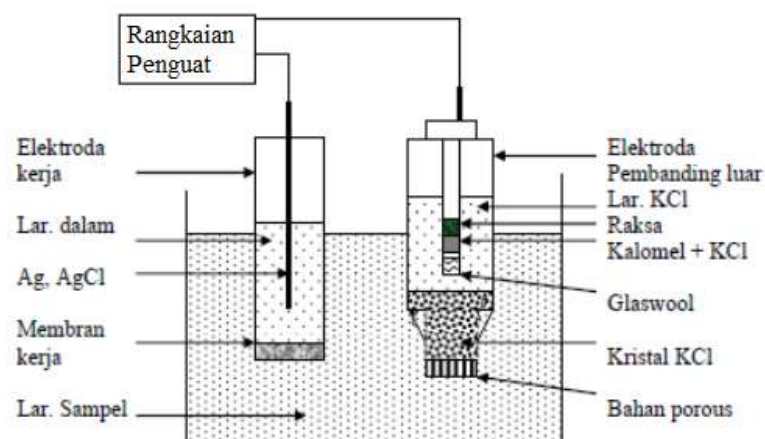
Pada setiap melakukan uji test sensor pada tahap ini akan dilakukan feedback dimana dari hasil rangkaian penguat yang telah dirancang dapat dihasilkan hasil yang telah sesuai atau tidak. Sehingga dari pengujian tersebut dapat dirancang lagi rangkaian penguat yang akan menghasilkan lebih presisi untuk perubahan gas.

3.4 Rancang Bangun Deret Sensor Potensiometri

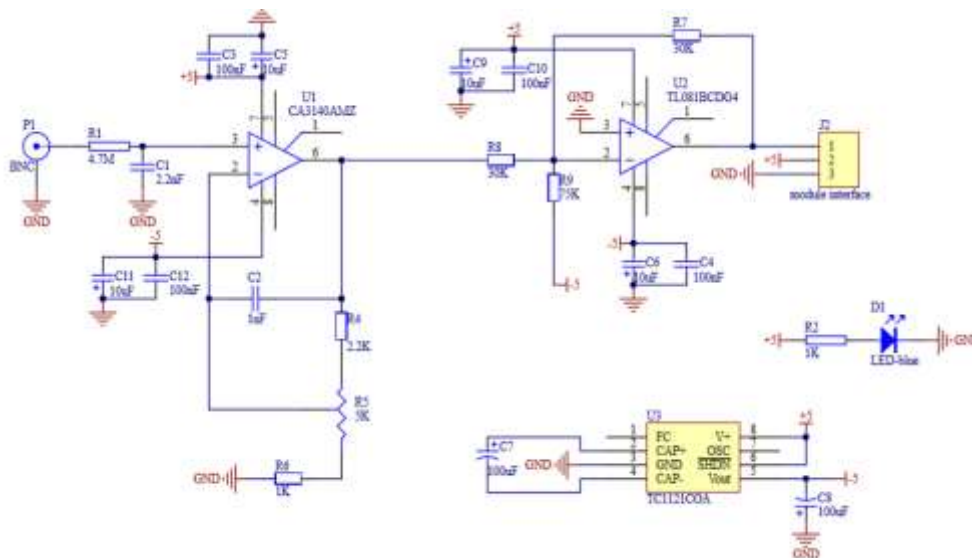
Pada satu pasang sensor potensiometri ini akan terdiri dari elektroda kerja dan elektroda pembanding luar. Pada sistem sistem yang saya gunakan akan menggunakan 3 sensor potensiometri. Sensor potensiometri pertama akan digunakan kombinasi *Silver Calomel Reference* dan *Glass Electrodes*, *Sensor potensiometri kedua akan digunakan kombinasi Calomel Reference dan Glass Electrodes* dan potensiometri yang ketiga menggunakan kombinasi *Kombinasi Silver Chloride Reference dan Glass Electrodes*.

Pada setiap sensor pasang sensor potensiometri akan menghasilkan nilai tegangan yang berubah apabila sensor melakukan pengujian dalam larutan. Dari nilai perubahan tersebut akan dimasukkan dalam kontroller.

Berikut adalah rangkaian pada ketiga sensor potensiometri, dimana rangkaian dasar dari sensor yaitu adanya elektroda kerja dan pembanding dan beda potensial akan menghasilkan nilai tegangan yang dapat diukur menggunakan voltmeter.



Gambar 3.5 Perancangan sensor potensiometri



Gambar 3.6 Rangkaian konverter sensor potensiometri

Pemasangan sensor pada sistem dapat dilihat pada Gambar 3.5 merupakan rangkaian sesor potensiometrik yang terdiri dari 2 elektrode. Kedua elektrode ini memiliki fungsi beda masing-masing. Potensiometri terdiri dari elektroda pembanding dan refrensi. Setelah itu kedua ujung elektroda disambungkan ke kabel dan selanjutnya dihubungkan ke rangkaian penguat.

Setelah dilakukan pengkabelan di kedua elektroda selanjutnya akan dimasukan kedalam rangkaian penguat. Rangkaian ini digunakan untuk memperbesar nlai tegangan yang dikeluarkan oleh sensor. Setelah itu keluaran output akan dimasukan pada pin analoag mikrokontroller dan akan dikirim ke komputer yang selanjutnya akan dilakukan analisa data pada hasil pembacaan sensor ini. Pada Gambar 3.6 merupakan gambar rangkaian pendukung untuk sensor potensiometri.

3.5 Sistem Kontroller Konversi Sinyal Analog ke Digital

Hasil pembacaan sensor yang diproses pada kontroller dimana pembacaan hasil tersebut akan dilakukan pada mikrokontroller ATmega328. Setiap pembacaan hasil pengukuran oleh sensor potensiometri dan sensor gas akan dikonversikan pada mikrokontroller ini menggunakan ADC, data ADC yang telah di baca oleh kontroller akan diproses untuk mendapatkan nilai tegangannya. Setelah itu hasil nilai sensor yang telah melakukan mendeteksi hasil senyawa air susu dan konsetrasi

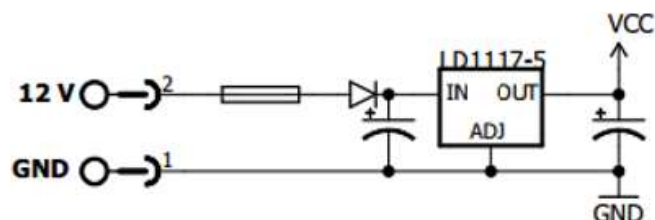
gas selanjutnya nilai tegangan ini akan dikirimkan melalui serial data menuju komputer. Selain itu untuk memanfaatkan fitur-fitur dari controller ini ditambahkan beberapa rangkaian untuk menunjang dalam sistem ini antara lain:

3.5.1 Regulator 5 Volt

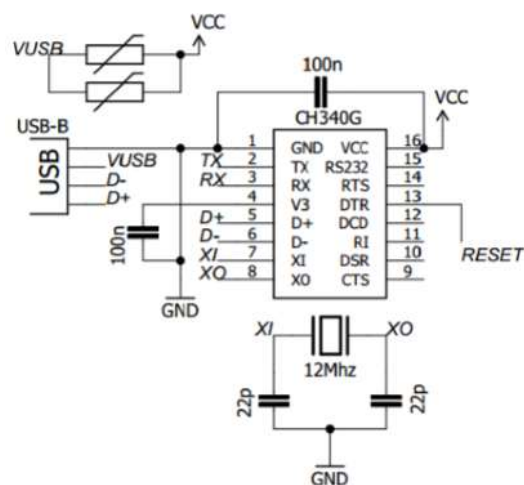
Tegangan maksimal yang dapat diterima oleh mikrokontroler ATmega328 yaitu 5 Volt. Sehingga diperlukan sebuah rangkaian regulator untuk mendapatkan tegangan 5 Volt. Penggunaan LD1117 dimanfaatkan untuk menurunkan tegangan inputan yang diberikan. Tegangan inputan tersebut dapat diturunkan menjadi stabil yaitu 5 Volt. LD1117 ini memerlukan tegangan maksimal hingga 12 Volt. Pada Gambar 3.7 merupakan rangkaian regulator yang digunakan pada sistem ini.

3.5.2 Komunikasi Serial

Hasil pembacaan sensor yang akan langsung dikirim menggunakan komunikasi serial antara mikrokontroler dengan komputer yang bertujuan untuk proses pengenalan. Diperlukan sebuah konverter serial TTL ke USB menggunakan IC CH340G dimana pada Gambar 3.8 merupakan rangkaian yang digunakan pada sistem ini.



Gambar 3.7 Rangkaian regulator menggunakan LD1117



Gambar 3.8 Rangkaian CH340

3.6 Rancang Bangun Identifikasi Kualitas Susu Berbasis *Neural Network*

Pada sistem identifikasi ini menggunakan metode pengenalan yaitu *neural network* sehingga dapat mengidentifikasi kualitas dari susu yang diuji. Inputan dari *neural network* yaitu hasil dari proses pengambilan data oleh sensor. Inputan data dari sensor akan dianalisa pada mikrokontroller. Data diolah dan akan menghasilkan inputan untuk masuk pada sistem *neural network*.

Pada perancangan *neural network* ini digunakan algoritma *backpropagation* yang menggunakan transfer function untuk outputnya dapat dilihat pada Persamaan 2.14. Pada rancang bangun *neural network* ini akan memiliki spesifikasi neuron seperti di bawah ini:

1. Input layer memiliki 6 node.
2. Memiliki 2 Hidden layer.
3. Pada hidden layer, neuron berjumlah 4.
4. Output Layer memiliki 3 neuron.

Pada Gambar 3.9 menunjukkan susunan dari *neural network* yang akan digunakan pada penelitian ini. Pada Gambar 3.9 memiliki inputan sebanyak 6, dimana inputan ini merupakan hasil pembacaan sensor pada pengujian sampel susu:

1. X1 = Sensor Gas MQ 137
2. X2 = Sensor Gas MQ 136
3. X3 = Sensor Gas TGS 2602
4. X4 = Sensor Potensiometri 1
5. X5 = Sensor Potensiometri 2
6. X6 = Sensor Potensiometri 3

Sedangkan output yang dihasilkan pada Gambar 3.9 yaitu sebanyak 3 kategori, dimana output yaitu seperti di bawah ini:

- a. Segar : Susu yang saja dilakukan pemasakan
- b. Basi : Susu yang berada diluar ruangan dengan suhu kamar selama 8 - 12 Jam
- c. Sangat Basi : Susu yang berada diluar ruangan dengan suhu kamar selama 16 jam lebih.

Tabel 3.2 Nilai Target pada Proses Pembelajaran

No	Kualitas Susu	Target
1	Segar	1 0 0
2	Basi	0 1 0
3	Sangat Basi	0 0 1

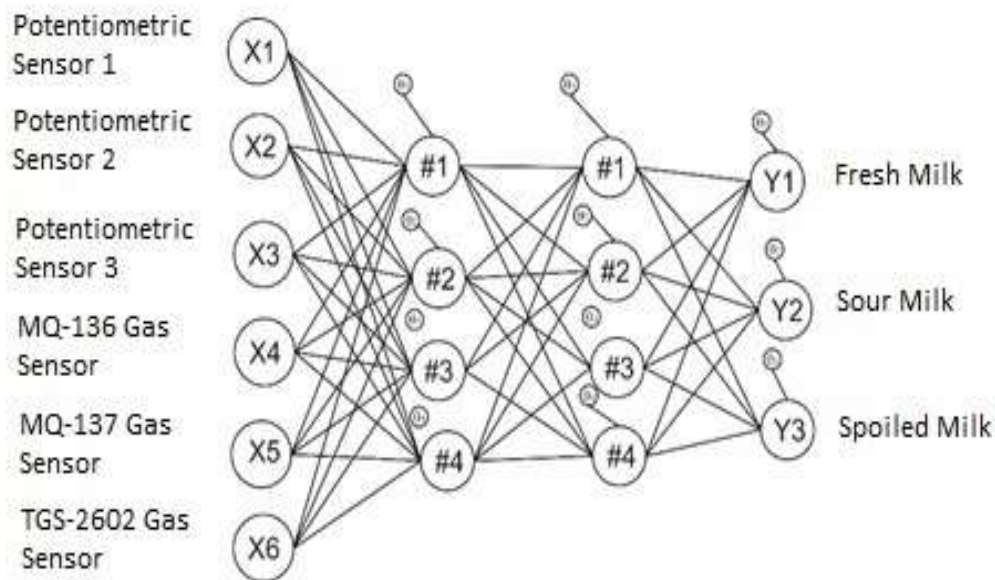
Fungsi aktivasi yang digunakan adalah sigmoid biner, seperti Persamaan 2.14, sehingga target pada proses pembelajaran dibuat dalam bentuk nilai biner seperti di tunjukkan pada Tabel 3.2

Dengan menggunakan Persamaan 2.16 untuk mendapatkan nilai error dari nilai perhitungan dengan nilai target maka dalam perancangan sistem *neural network* ini apabila $E > E_{\text{target}}$ maka akan dilakukan perubahan nilai bobot dan bias seperti Persamaan 2.17 dan Persamaan 2.18. Perubahan ini terus dilakukan sampai $E \leq E_{\text{target}}$. Pada masukan terdapat 24 data yang terdiri dari 8 data Susu segar, 8 data susu basi dan 8 data susu sangat basi. Data-data tersebut dapat di lihat pada Tabel 4.16, Tabel 4.17 dan Tabel 4.18.

Pada Tabel 3.3 merupakan nilai awal dari perancangan sistem dari nilai batas kesalahan (*MSE*), *learing rate*, *derivative of activation function* dimana nilai error pada perancangan ini akan dilakukan 3 kali perubahan yaitu 0.01, 0.001 dan 0.0001.

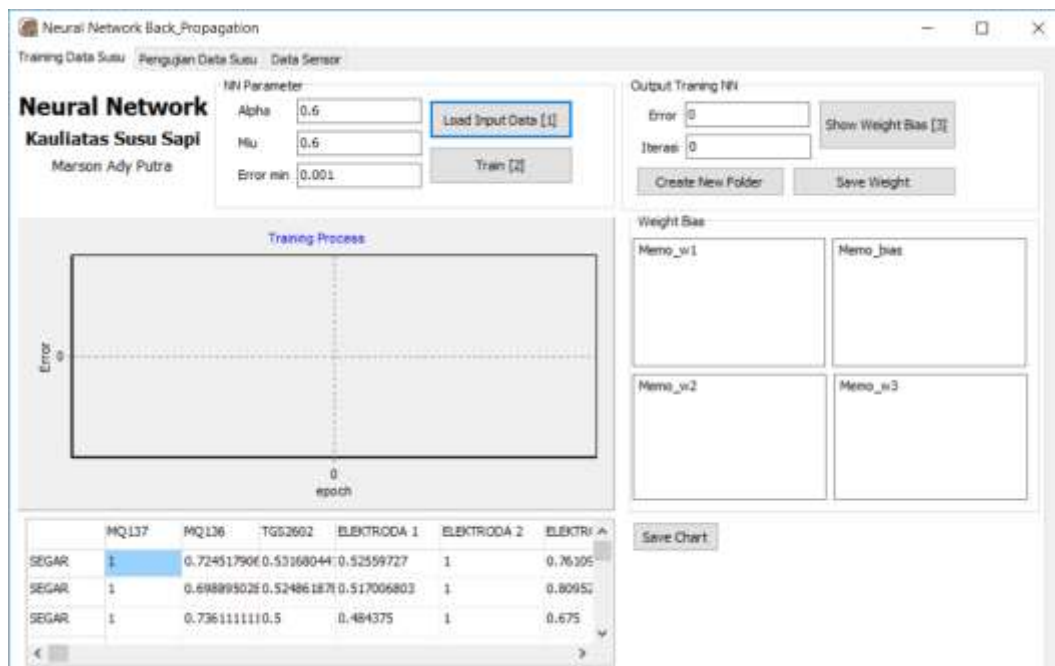
Tabel 3.3 Nilai awal dari *neural network*

NO	Batas Error (MSE)	Learn Rate (μ)	Derivative of Activation Function (α)
1	0.01	0.6	0.6
2	0.001		
3	0.0001		



Gambar 3.9 Rancangan *neural network*

Sedangkan untuk mengimplementasikan perancangan *neural network* ini akan digunakan Delphi 2010 untuk membuat program dari metode yang digunakan ini. Pada Gambar 3.10 merupakan tampilan *General Unit Interface* dari perancangan *neural network* yang dibuat.

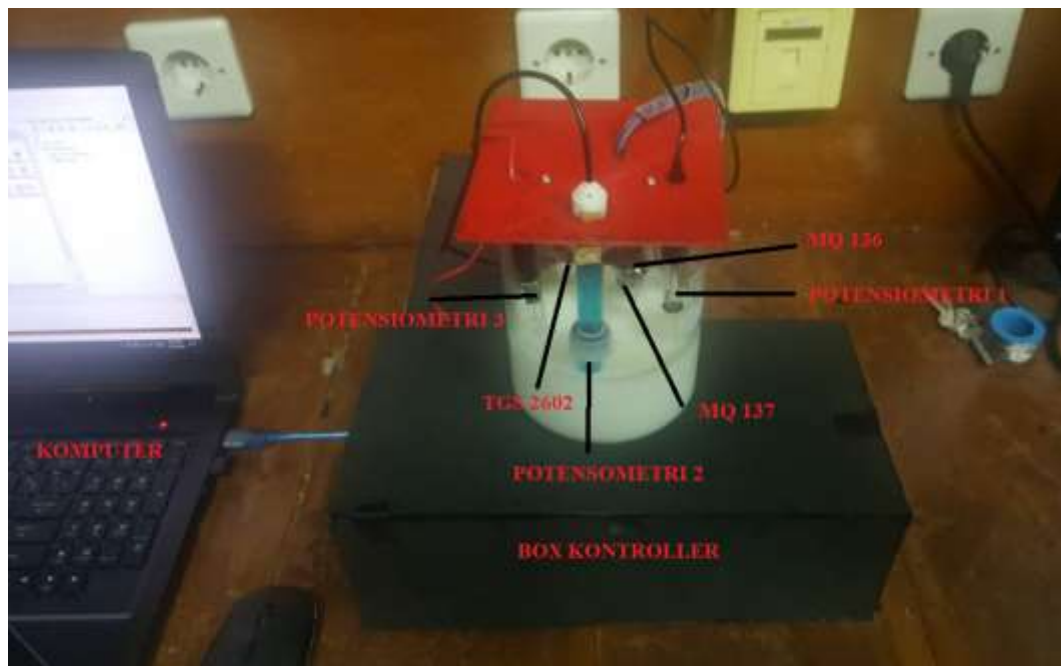


Gambar 3.10 Rancang Bangun GUI

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini dilakukan 5 tahapan pengujian, yaitu pengujian deret sensor gas, pengujian sensor potensiometri yang terdiri dari 3 pengujian yaitu pengujian perubahan tegangan dengan menggunakan sampel cairan yang berbeda-beda, pengujian sensor potensiometri dengan mengatur perubahan jarak antara elektroda referensi dan elektroda pembanding, dan pengujian sensor dengan menggunakan susu sapi, dan pengujian neural network untuk mengidentifikasi kualitas susu. Realisasi peralatan yang digunakan untuk mengidentifikasi kualitas susu dapat dilihat pada Gambar 4.1. Pada penelitian ini sampel susu yang diujikan yaitu susu yang baru sapi yang baru dimasak, susu sapi yang didiamkan selama 8-10 jam disuhu ruangan, dan susu sapi yang didiamkan dalam waktu 12-24 Jam.



Gambar 4.1 Setup Sistem Keseluruhan Pengujian Susu Sapi

4.1 Pengujian Deret Sensor Gas

Pengujian deret sensor gas dilakukan untuk mengetahui respon sensor terhadap gas yang dihasilkan karena perubahan kualitas susu. Bentuk fisik hasil perancangan deret sensor gas dapat dilihat pada Gambar 4.2. Untuk menguji respon sensor terhadap perubahan tingkat kualitas susu dilakukan dengan prosedur sebagai berikut:

1. Susu diletakan kedalam Gelas ukur.
2. Sensor diletakan di atas gelas ukur sebagai penutup sehingga gas langsung menuju sensor seperti Gambar 4.2

Setelah itu susu akan diuji dengan mendefinikasn susu yang segar dimana susu baru pertama kali dimasak, dan susu bai dimana dibiarkan didalam suhu ruangan selama 8-12 jam, sedangkan sangat basi dimana susu didiamkan di suhu ruangan selama 16 jam lebih. Definisi ini dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Setelah itu pengujian susu yang diambil tiap 2 jam selama 24 jam dimana dari hasil percobaan ini akan dihasilkan data V_o dimana data tersebut sebagai nilai inputan neural network.



Gambar 4.2 Proses pengambilan data sensor gas

Tabel 4.1 Definisi tingkat kesegaran susu sapi yang diuji

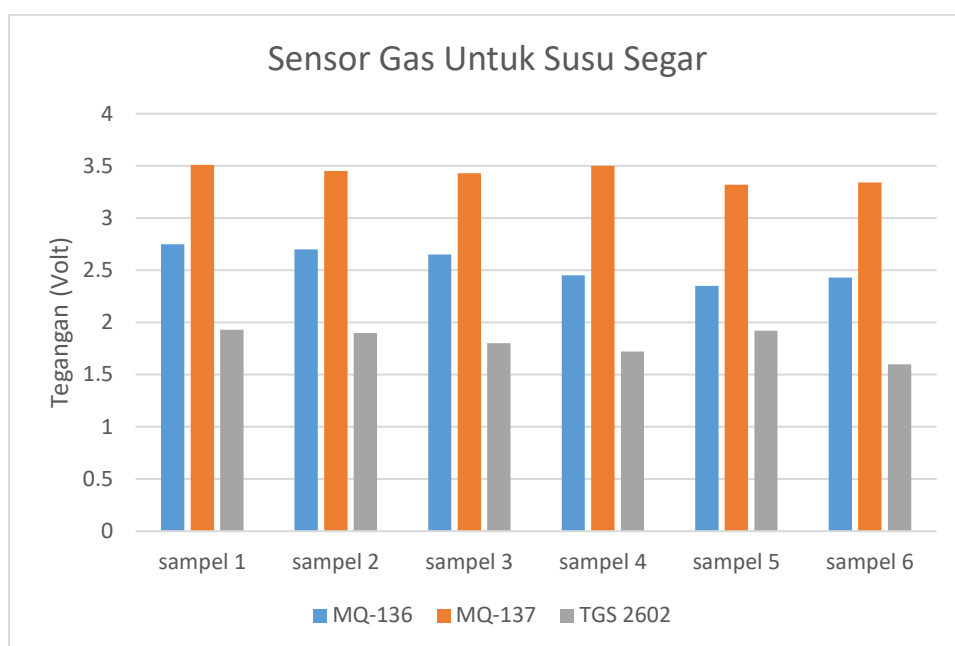
Kesegaran Susu	Definisi Kesegaran
Segar	Susu yang saja dilakukan pemasakan
Basi	Susu yang berada diluar ruangan dengan suhu kamar selama 8 - 12 Jam
Sangat Basi	Susu yang berada diluar ruangan dengan suhu kamar selama 16 jam lebih

Pada pengujian pada Tabel 4.2 merupakan pengujian yang dilakukan dengan menggunakan sampel susu sapi yang berbeda sebanyak 3 sampel. Dimana setiap sampel susu sapi segar, basi dan sangat basi dilakukan 6 kali pengujian.

Saat susu masih segar gas H_2S yang terdapat pada susu dideteksi dengan MQ-136 memiliki tegangan sebesar 2.75 Volt, sedangkan MQ-137 yang mendeteksi gas NH_3 memiliki tegangan 3.45. TGS 2602 yang mendeteksi gas VOC saat susu segar menghasilkan tegangan 1.93 Volt.

Tabel 4.2 Percobaan Sensor pada Susu segar

Percobaan	MQ-136 (Volt)	MQ-137 (Volt)	TGS 2602 (Volt)
Sampel 1	2.75	3.51	1.93
Sampel 2	2.7	3.45	1.9
Sampel 3	2.65	3.43	1.8
Sampel 4	2.45	3.5	1.72
Sampel 5	2.35	3.32	1.92
Sampel 6	2.43	3.34	1.6



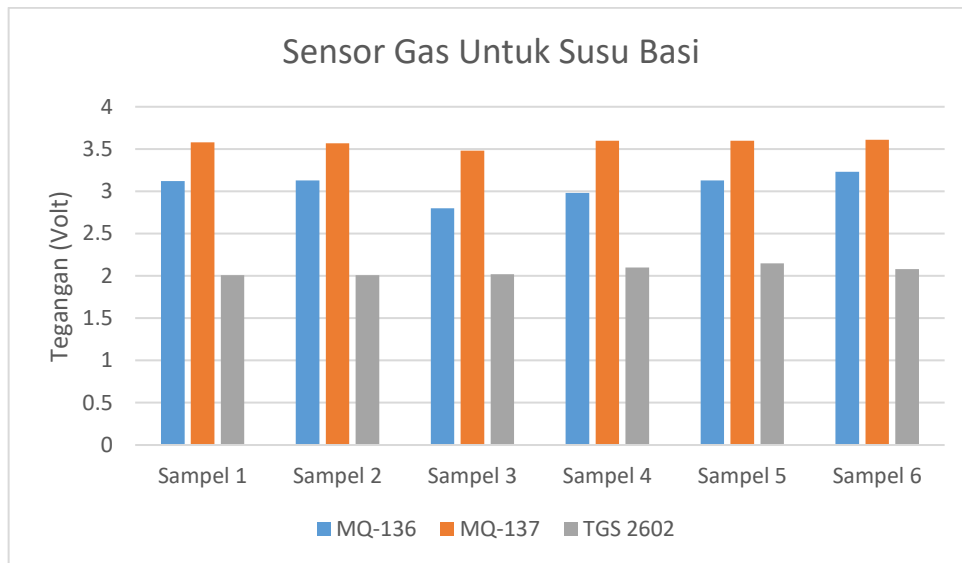
Gambar 4.3 Grafik Percobaan Susu Segar

Saat susu basi gas H_2S yang terdapat pada susu dideteksi dengan MQ-136 memiliki tegangan sebesar 3.12 Volt, sedangkan MQ-137 yang mendeteksi gas NH_3 memiliki tegangan 3.58 Volt. TGS 2602 yang mendeteksi gas VOC saat susu basi menghasilkan tegangan 2.01 Volt.

Tegangan yang didapatkan sangat berbeda dengan tegangan susu saat masih segar. Susu basi menghasilkan lebih besar tegangan yang didapatkan yang didapat dilihat dari Gambar 4.4 merupakan grafik dari perbedaan tegangan susu segar, basi dan sangat basi.

Tabel 4.3 Percobaan Pada Susu Basi

Percobaan	MQ-136 (Volt)	MQ-137 (Volt)	TGS 2602 (Volt)
Sampel 1	3.12	3.58	2.01
Sampel 2	3.13	3.57	2.01
Sampel 3	2.8	3.48	2.02
Sampel 4	2.98	3.6	2.1
Sampel 5	3.13	3.6	2.15
Sampel 6	3.23	3.61	2.08



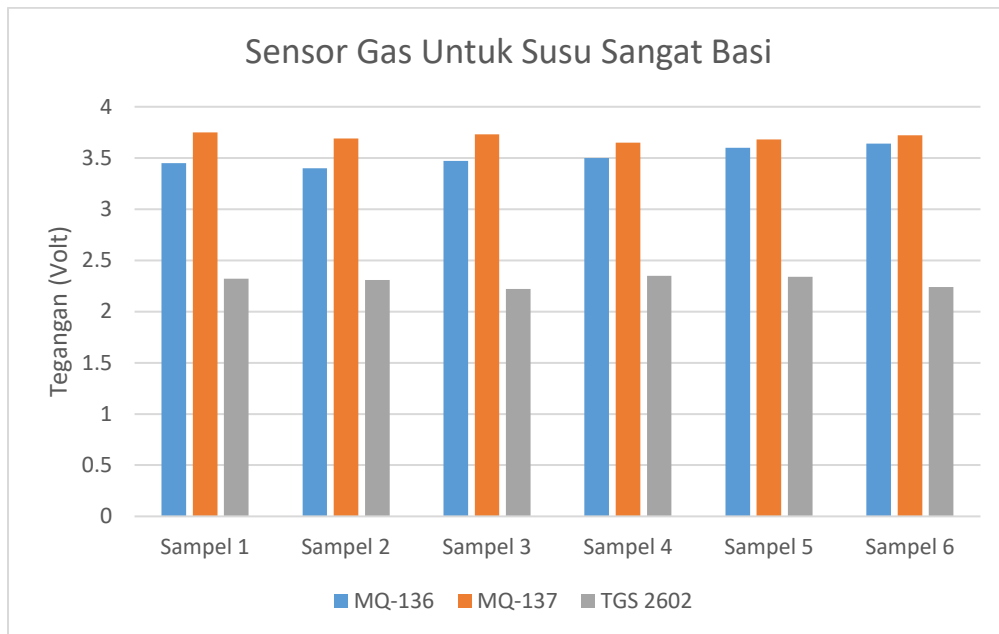
Gambar 4.4 Grafik Percobaan Susu Basi

Saat susu masih basi gas H_2S yang terdapat pada susu dideteksi dengan MQ-136 memiliki tegangan sebesar 3.45 Volt, sedangkan MQ-137 yang mendeteksi gas NH_3 memiliki tegangan 3.75 Volt. TGS 2602 yang mendeteksi gas VOC saat susu segar menghasilkan tegangan 2.32 Volt.

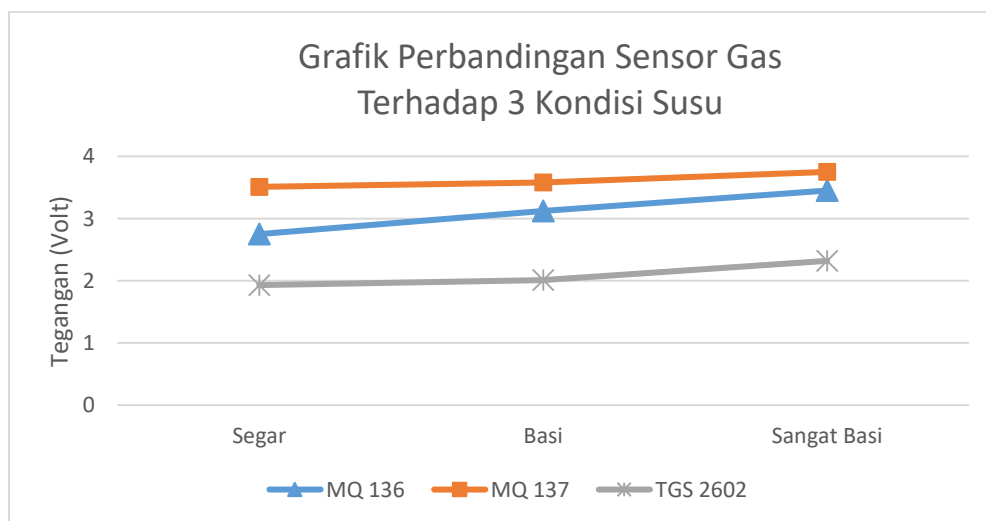
Tegangan yang didapatkan sangat berbeda dengan tegangan susu saat masih segar dan basi. Susu sangat basi menghasilkan lebih besar tegangan yang didapatkan yang didapat dilihat dari Gambar 4.5 merupakan grafik dari perbedaan tegangan susu segar, basi dan sangat basi.

Tabel 4.4 Percobaan Pada Susu Sangat Basi

Percobaan	MQ-136 (Volt)	MQ-137 (Volt)	TGS 2602 (Volt)
Sampel 1	3.45	3.75	2.32
Sampel 2	3.4	3.69	2.31
Sampel 3	3.47	3.73	2.22
Sampel 4	3.5	3.65	2.35
Sampel 5	3.6	3.68	2.34
Sampel 6	3.64	3.72	2.24



Gambar 4.5 Grafik Percobaan Susu Sangat Basi



Gambar 4.6 Grafik Susu Segar, Basi, Sangat Basi

4.2 Pengujian Potensiometri

4.2.1 Pengujian Terhadap Cairan yang berbeda-beda

Pengujian ini dilakukan untuk melihat respon dari sensor potensiometri yang digunakan apa mampu untuk membedakan setiap cairan yang diuji. Pada percobaan kali ini melakukan percobaan dengan menggunakan 3 buah sampel

cairan yang berbeda yaitu cairan isotonik, susu, dan air mineral dan yang digunakan pada percobaan ini yaitu air Aqua.

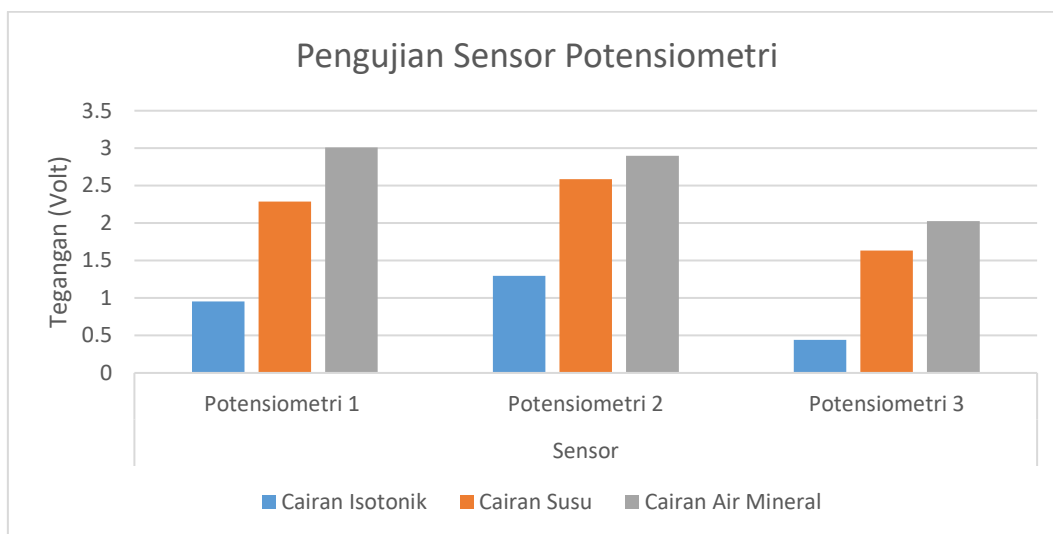
Pada Gambar 4.7 merupakan proses pengujian yang dilakukan untuk mengetahui perbedaan-perbedaan respon terhadap cairan yang dicoba. Pada Tabel merupakan hasil dari tegangan yang didapatkan:



Gambar 4.7 Proses pengambilan data potensiometri

Tabel 4.5 Nilai Tegangan Potensiometri Pada Sampel Cairan yang Berbeda.

Larutan	Sensor		
	Potensiometri 1 (Volt)	Potensiometri 2 (Volt)	Potensiometri 3 (Volt)
Cairan Isotonik	0.955	1.294	0.441
Cairan Susu	2.288	2.587	1.634
Cairan Air Mineral	3.008	2.899	2.026



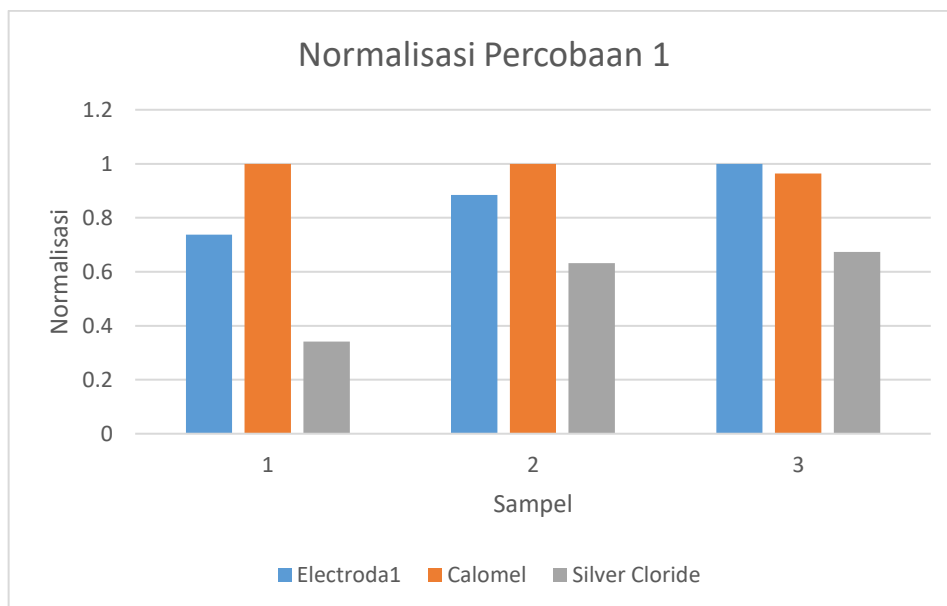
Gambar 4.8 Grafik Tegangan pada cairan tertentu

Pada Tabel 4.5 Terlihat untuk gabungan Potensiometri 1 pada air isotonik memiliki tegangan kecil sebesar 0.955, sedangkan susu 2.288 dan air mineral 3.008. Potensiometri 2 menghasilkan tegangan sebesar 1.294 untuk air isotonik, 2.587 untuk susu ultra dan 2.899 untuk air mineral. Pada Potensiometri 3 menghasilkan nilai tegangan 0.441 untuk air isotonik, 1.634 untuk susu, dan 2.026 untuk air mineral, pada Gambar 4.2 terlihat grafik hasil dari percobaan untuk melihat respon pembacaan sensor, terlihat bahwa sensor mampu membedakan setiap cairan yang dibacanya.

Setelah itu dilakukan normalisasi data untuk mengetahui pola data yang terdapat pada percobaan ini, hasil normalisasi dapat dilihat pada tabel 4.333 dimana normalisasi ini membagi setiap data percobaan di bagi yang terbesar dari hasil.

Tabel 4.6 Nilai Hasi normalisasi data

Larutan	Sensor		
	Potensiometri 1	Potensiometri 2	Potensiometri 3
Cairan Isotonik	0.738021638	1	0.340803709
Cairan Susu	0.884422111	1	0.631619637
Cairan Air Mineral	1	0.963763298	0.673537234

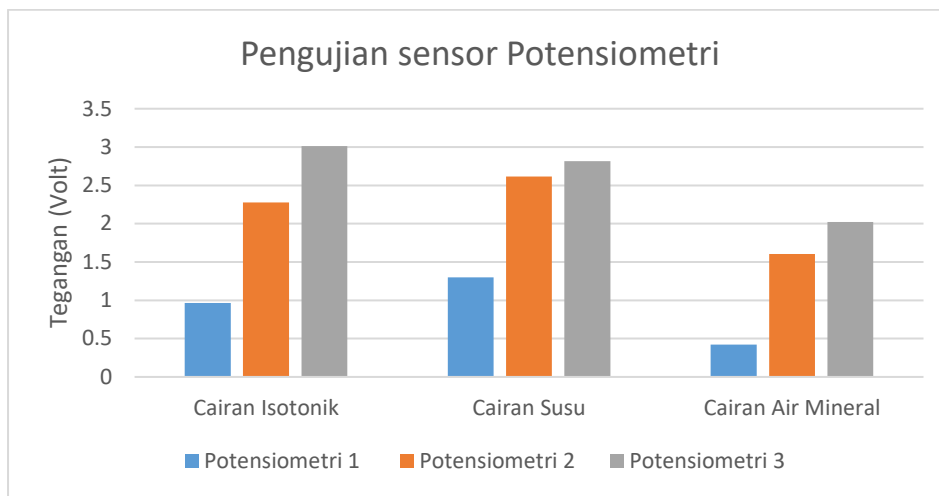


Gambar 4.9 Grafik Normalisasi Percobaan 1

Dilakukan 2 kali percobaan yang bertujuan untuk memastikan kestabilan sensor dalam membaca sampel cairan yang diukur.

Tabel 4.7 Nilai Tegangan Potensiometri Pada Sampel Cairan yang Berbeda

Larutan	Sensor		
	Potensiometri 1 (Volt)	Potensiometri 2 (Volt)	Potensiometri 3 (Volt)
Cairan Isotonik	0.963	2.277	3.011
Cairan Susu	1.3	2.615	2.816
Cairan Air Mineral	0.421	1.602	2.02



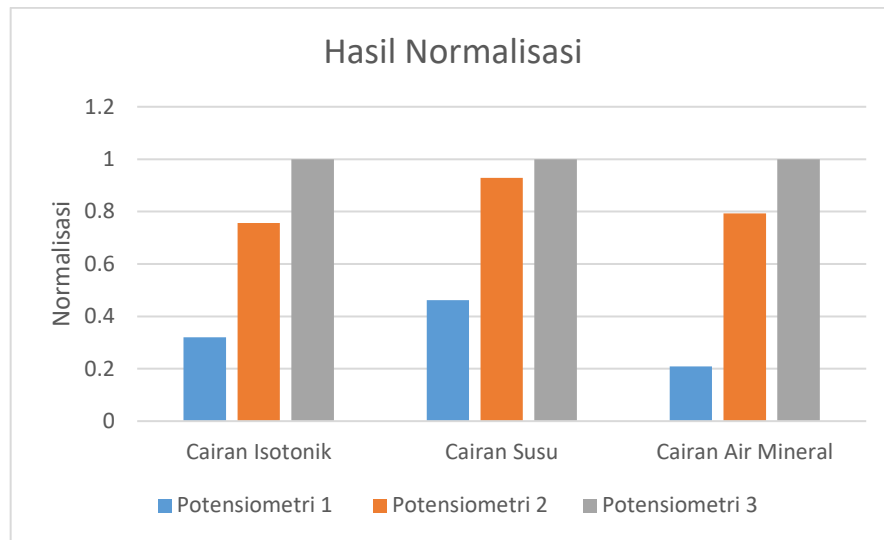
Gambar 4.10 Grafik Tegangan pada cairan tertentu

Pada Tabel 4.7 Terlihat untuk gabungan Potensiometri 1 pada air isotonik memiliki tegangan kecil sebesar 0.963, sedangkan susu 2.277 dan air mineral 3.011. Potensiometri 2 menghasilkan tegangan sebesar 1.294 untuk air isotonik, 1.300 untuk susu ultra dan 2.816 untuk air mineral. Pada Potensiometri 3 menghasilkan nilai tegangan 0.421 untuk air isotonik, 1.602 untuk susu ultra, dan 2.020 untuk air mineral, pada Gambar 4.10 terlihat grafik hasil dari percobaan untuk melihat respon pembacaan sensor, terlihat bahwa sensor mampu membedakan setiap cairan yang dibacanya.

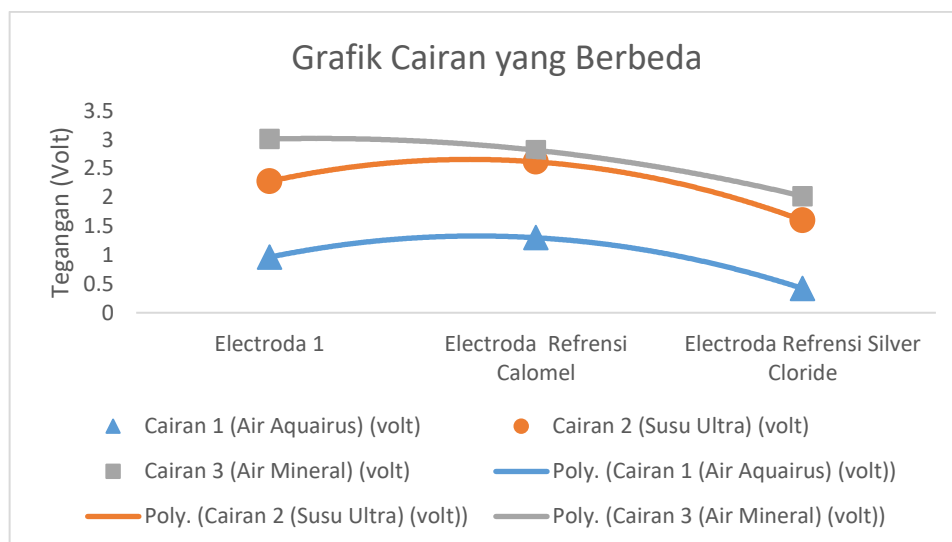
Setelah itu dilakukan normalisasi data untuk mengetahui pola data yang terdapat pada percobaan ini, hasil normalisasi dapat dilihat pada Tabel 4.8 dimana normalisasi ini membagi setiap data percobaan di bagi yang terbesar dari nilai percobaan yang lebih besar

Tabel 4.8 Nilai Hasil normalisasi data

Larutan	Sensor		
	Potensiometri 1 (Volt)	Potensiometri 2 (Volt)	Potensiometri 3 (Volt)
Cairan Isotonik	0.3198273	0.756227167	1
Cairan Susu	0.461647727	0.928622159	1
Cairan Air Mineral	0.208415842	0.793069307	1



Gambar 4.11 Grafik Normalisasi Percobaan 2



Gambar 4.12 Grafik cairan berbeda pada potensiometri

Pada Gambar 4.12 merupakan grafik dari perubahan nilai tegangan potensiometri untuk setiap cairan yang diukur oleh gabungan elektroda referensi dan elektroda pembanding.

4.2.2 Percobaan Jarak antaran kedua elektroda

Percobaan kali ini bertujuan untuk mengecek apakah ada perubahan yang terjadi apabila jarak antara elektroda referensi dan elektroda pembanding dirubah-

rubah, karena pada sensor potensiometri ini menggunakan 3 jenis elektroda yang berbeda, dimana 2 diantara merupakan gabungan elektroda yang memiliki fisik yg terpisah, dan yang terakhir memiliki fisik yang sama atau dalam satu modul, sehingga jarak antara elektroda referensi dan pembanding tetap, sedangkan kedua elektroda lainnya harus diuji apakah ada pengaruh apabila perubahan jarak terjadi saat pengukuran data.

Pengambilan data dengan mencoba jarak antar elektroda dibagi mejadi 3 jarak yaitu sebagai berikut:

- a. 6 cm.
- b. 4 cm.
- c. 2.5 cm

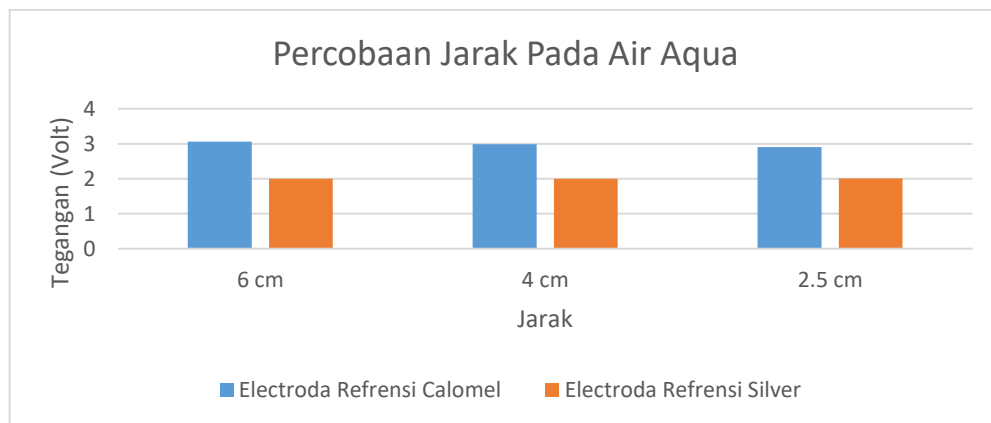
Pada Gambar 4.13 merupakan proses percobaan pengukuran jarak yang digunakan saat yaitu carian air mineral yaitu air aqua



Gambar 4.13 Proses pengambilan data

Tabel 4.9 Tabel nilai tegangan elektroda

Jarak (cm)	Sensor	
	Potensimetri 2 (Volt)	Potensimetri 3 (Volt)
6	3.055	1.998
4	2.988	1.99
2.5	2.9082	2.011



Gambar 4.14 Grafik Percobaan jarak

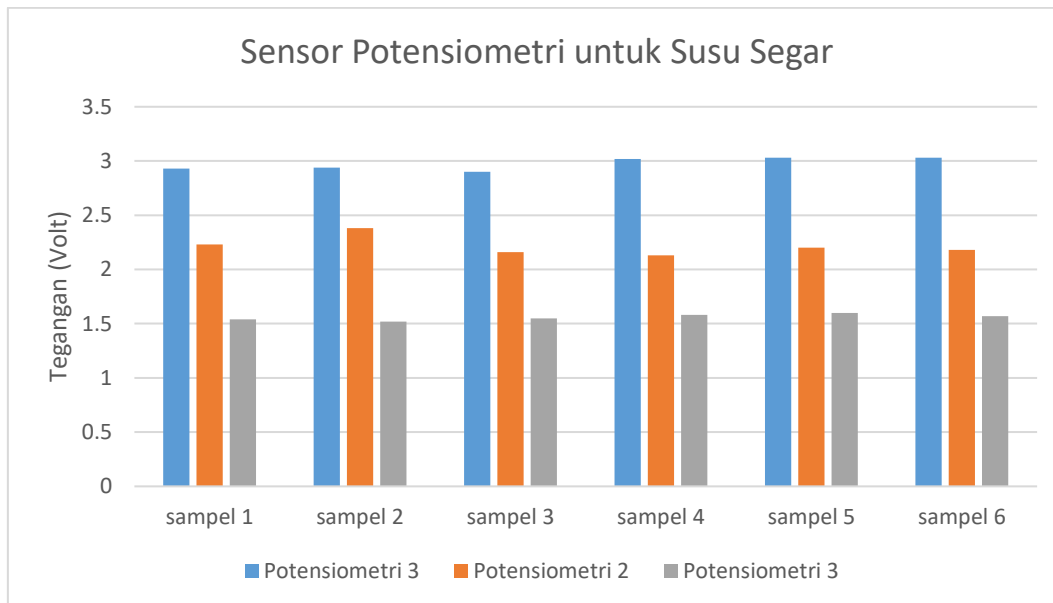
Pada Tabel 4.9 menunjukkan bahwa jarak tidak mempengaruhi perubahan tegangan yang dibaca oleh sensor, pada grafik terlihat potensiometri 2 menunjukkan tegangan 3.055 dan yang terkecil 2.9082 yang terlihat juga sudah stabil. Sedangkan potensiometri 3 memiliki tegangan 1.998 dan yang terbesar 2.011 dan telah terlihat tegangan yang dihasil sudah sangat stabil walaupun jarak antara elektroda dipindah-pindah.

4.2.3 Percobaan Potensiometri dengan susu sapi

Percobaan ini dilakukan juga untuk menguji apakah sensor potensiometri ini mampu membedakan perubahan cairan susu yang sedang diteliti, dimana percobaan ini menggunakan susu sapi yang masih segar, basi dan sangat basi, dimana klasifikasi dapat dilihat pada tabel 4.10 yang menunjukkan perbedaan klasifikasi yang menunjukkan kualitas susu sapi yang akan diuji ini.

Tabel 4.10 Percobaan Sensor pada Susu segar

Percobaan	Potensiometri 1 (Volt)	Potensiometri 2 (Volt)	Potensiometri 3 (Volt)
Sampel 1	2.93	2.23	1.54
Sampel 2	2.94	2.38	1.52
Sampel 3	2.9	2.16	1.55
Sampel 4	3.02	2.13	1.58
Sampel 5	3.03	2.2	1.6
Sampel 6	3.03	2.18	1.57



Gambar 4.15 Grafik Percobaan Susu Segar

Saat susu masih segar tegangan pada potensiometri 1 sebesar 2.564 Volt, sedangkan potensiometri 2 memiliki tegangan 1.89 Volt. potensiometri 3 untuk susu segar menghasilkan tegangan 1.28 Volt.

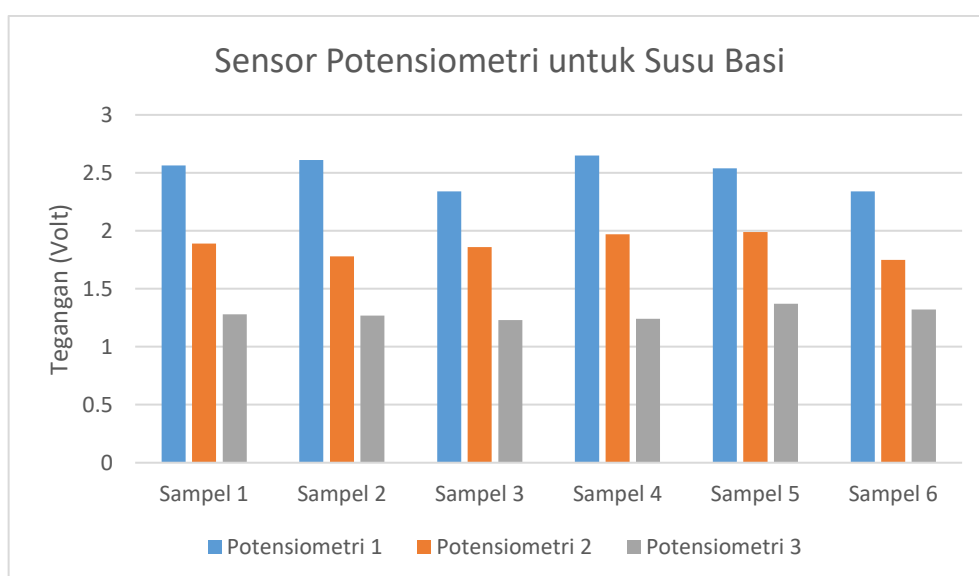
Tegangan yang didapatkan pada saat pengujian sensor potensiometri ini didapatkan perbedaan tegangan antara susu sapi segar, basi dan sangat basi. Saat susu masih segar tegangan yang didapatkan yaitu lebih besar dari kondisi basi dan sangat basi. Perbandingan tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.18.

Tabel 4.11 Percobaan Pada Susu Basi

Percobaan	Potensiometri 1 (Volt)	Potensiometri 2 (Volt)	Potensiometri 3 (Volt)
Sampel 1	2.564	1.89	1.28
Sampel 2	2.61	1.78	1.27
Sampel 3	2.34	1.86	1.23
Sampel 4	2.65	1.97	1.24
Sampel 5	2.54	1.99	1.37
Sampel 6	2.34	1.75	1.32

Saat susu basi tegangan pada potensiometri 1 sebesar 2.564 Volt, sedangkan potensiometri 2 memiliki tegangan 1.89 Volt. potensiometri 3 untuk susu basi menghasilkan tegangan 1.28 Volt. Tabel 4.11 merupakan hasil dari pengujian susu basi.

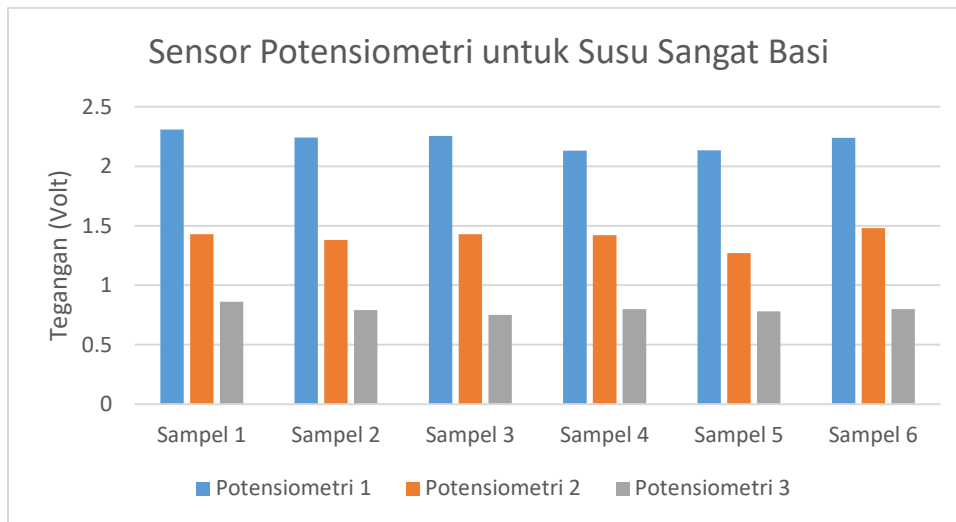
Tegangan yang didapatkan pada susu basi akan mengalami penurunan ini diakibatkan susu mengalami keasaman. Sehingga nilai tegangan yang dihasilkan dari ketiga sensor potensiometri yang peka terhadap pH mengalami penurunan. Perbandingan antara hasil pembacaan sensor untuk kondisi susu sapi segar, basi dan sangat basi dapat dilihat pada Gambar 4.18..



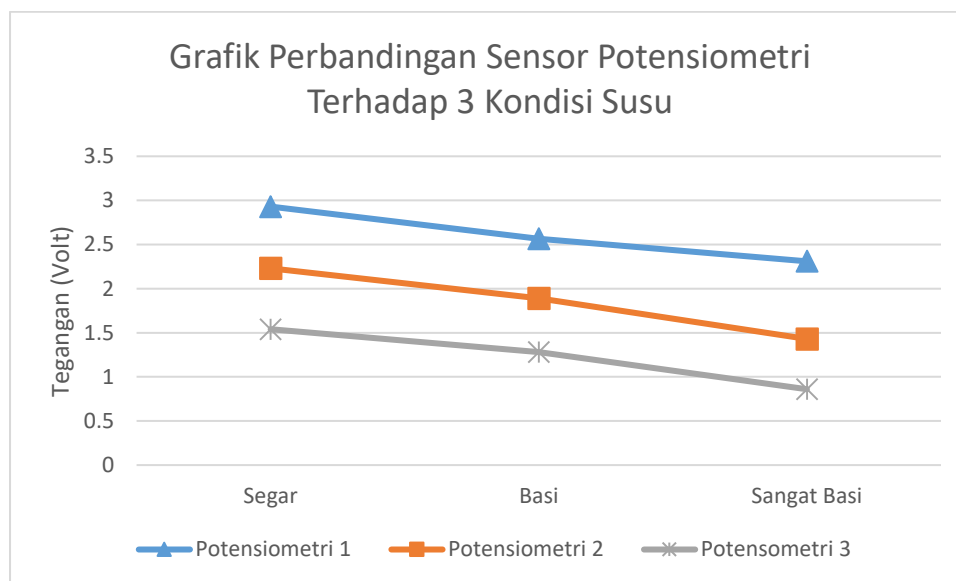
Gambar 4.16 Grafik Percobaan Susu Basi

Tabel 4.12 Percobaan Pada Susu Sangat Basi

Percobaan	Potensiometri 1 (Volt)	Potensiometri 2 (Volt)	Potensiometri 3 (Volt)
Sampel 1	2.31	1.43	0.86
Sampel 2	2.241	1.38	0.79
Sampel 3	2.254	1.43	0.75
Sampel 4	2.13	1.42	0.8
Sampel 5	2.135	1.27	0.78
Sampel 6	2.24	1.48	0.8



Gambar 4.17 Grafik Percobaan Susu Sangat Basi



Gambar 4.18 Grafik Percobaan Susu Segar, Basi, Sangat Basi

Saat susu sangat basi tegangan pada potensiometri 1 sebesar 2.31 Volt, sedangkan potensiometri 2 memiliki tegangan 1.43 Volt. potensiometri 3 untuk susu basi menghasilkan tegangan 0.86 Volt. Tabel 4.12 merupakan hasil dari pengujian susu basi

Tegangan pada susu sapi sangat basi mengalami penurunan yang sangat besar. Susu sapi sangat basi telah mengalami kerusakan yang sangat besar. Ini tampak dari susu yang sudah sangat asam. Hal itu dapat dilihat dari tegangan sensor

yang mengalami penurunan. Pada Gambar 4.18 merupakan grafik dari perbedaan tegangan susu segar, basi dan sangat basi.

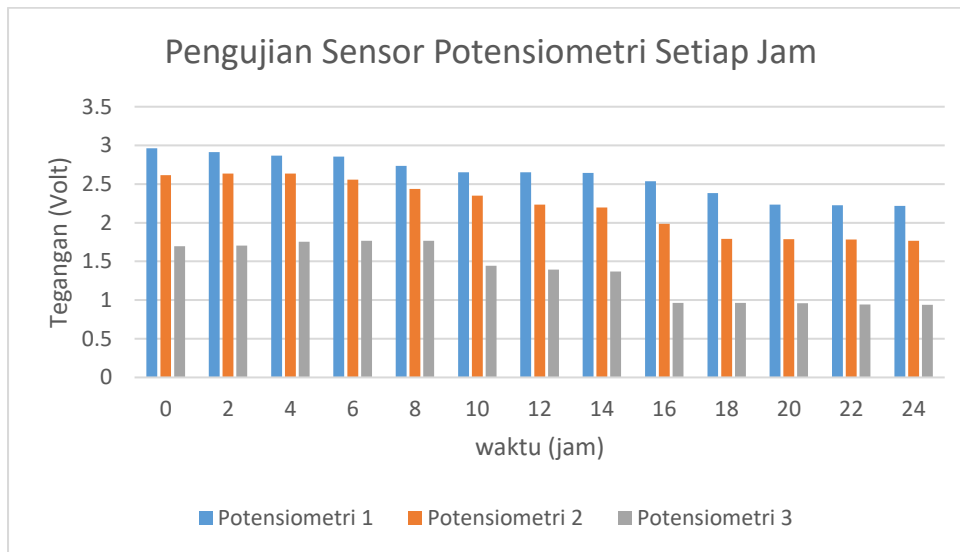
4.3 Pengujian Susu selama 24 jam

Pengujian ini dilakukan untuk melihat proses respon setiap sensor dari sensor gas dan potensiometri untuk dapat memastikan perubahan tegangan yang dihasilkan dari perubahan kualitas susu. Pengujian ini dilakukan dengan menguji susu setiap 2 jam sekali selama 24 jam. Dan hasilnya dicatat pada Tabel 4.13.

Pada Gambar 4.15 merupakan grafik hasil pembacaan sensor potensiometri setiap 2 jam selama 24 jam, terlihat tegangan tiap potensiometri mengalami penurunan setiap jammnya ini disebabkan oleh perubahan kualitas susu yang terjadi. Pada kondisi ini susu menjadi lebih asam sehingga tegangan yang didapatkan pada saat pengukuran menjadi lebih kecil.

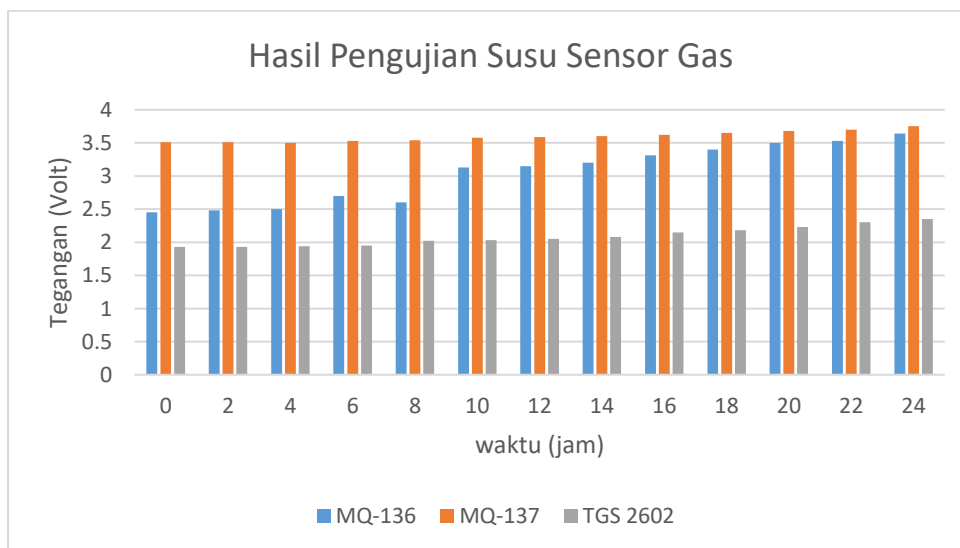
Tabel 4.13 Percobaan Perhitungan Susu Setiap 2 Jam

Waktu (Jam)	Potensiometri 1 (Volt)	Potensiometri 2 (Volt)	Potensiometri 3 (Volt)	MQ-136 (Volt)	MQ-137 (Volt)	TGS 2602 (Volt)
0	2.961	2.613	1.698	2.45	3.51	1.93
2	2.913	2.634	1.705	2.48	3.51	1.93
4	2.869	2.635	1.753	2.5	3.5	1.94
6	2.857	2.558	1.765	2.7	3.53	1.95
8	2.734	2.435	1.768	2.6	3.54	2.02
10	2.653	2.35	1.442	3.13	3.58	2.03
12	2.651	2.234	1.394	3.15	3.59	2.05
14	2.646	2.195	1.37	3.2	3.6	2.08
16	2.535	1.985	0.965	3.31	3.62	2.15
18	2.383	1.793	0.963	3.4	3.65	2.18
20	2.235	1.789	0.961	3.5	3.68	2.23
22	2.228	1.785	0.943	3.53	3.7	2.3
24	2.217	1.765	0.939	3.64	3.75	2.35



Gambar 4.19 Grafik Hasil Sensor Potensiometri tiap jam

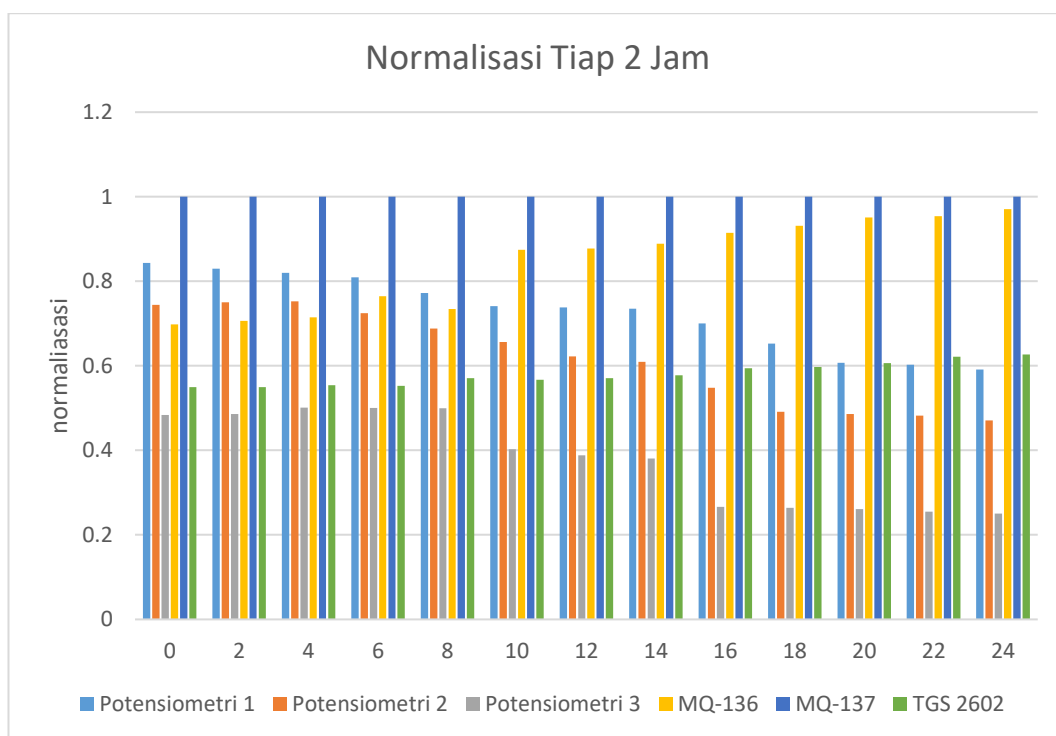
Pada Gambar 4.16 merupakan grafik hasil pembacaan sensor gas setiap 2 jam selama 24 jam, terlihat tegangan yang didapatkan mengalami kenaikan setiap jamnya ini disebabkan oleh perubahan kualitas susu yang terjadi. Pada kondisi ini produksi gas oleh susu yang mengalami kerusakan akan semakin meningkat sehingga meningkatkan jumlah gas pada susu.



Gambar 4.20 Grafik Hasil Sensor Gas tiap jam

Tabel 4.14 Hasil Normalisasi data

Waktu (Jam)	Potensiometri 1	Potensiometri 2	Potensiometri 3	MQ-136	MQ-137	TGS 2602
0	0.843589744	0.744444444	0.483760684	0.698005698	1	0.54985755
2	0.82991453	0.75042735	0.485754986	0.706552707	1	0.54985755
4	0.819714286	0.752857143	0.500857143	0.714285714	1	0.554285714
6	0.809348442	0.724645892	0.5	0.764872521	1	0.552407932
8	0.772316384	0.687853107	0.499435028	0.734463277	1	0.570621469
10	0.741061453	0.656424581	0.402793296	0.874301676	1	0.567039106
12	0.738440111	0.622284123	0.388300836	0.877437326	1	0.571030641
14	0.735	0.609722222	0.380555556	0.888888889	1	0.577777778
16	0.700276243	0.548342541	0.266574586	0.914364641	1	0.593922652
18	0.652876712	0.491232877	0.263835616	0.931506849	1	0.597260274
20	0.607336957	0.486141304	0.261141304	0.951086957	1	0.605978261
22	0.602162162	0.482432432	0.254864865	0.954054054	1	0.621621622
24	0.5912	0.470666667	0.2504	0.970666667	1	0.626666667

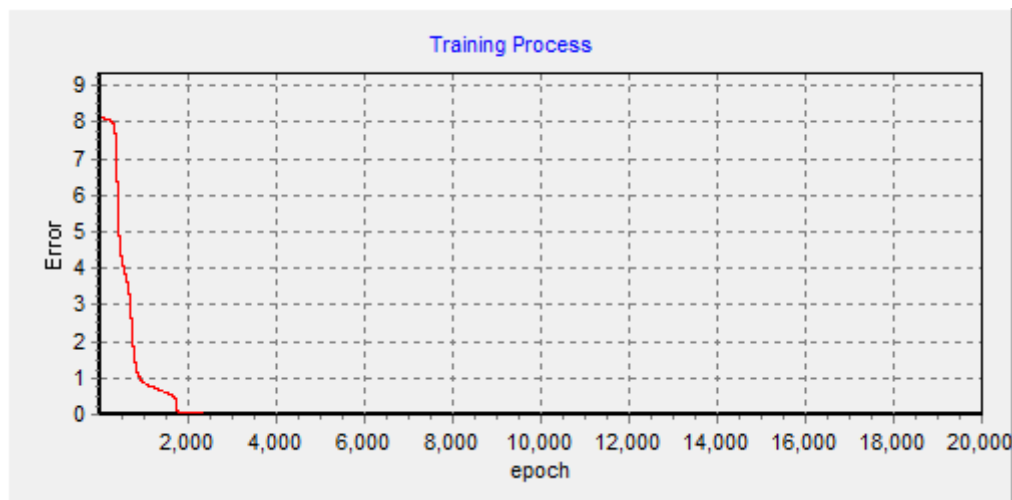


Gambar 4.21 Grafik Normalisasi Data Sensor Elektroda

Pada Tabel 4.14 hasil normaliasi data setiap jamnya dengan tujuan untuk mengetahui pola nilai yang didapatkan setiap jamnya. Gambar 4.17 menunjukan grafik normalisasi yang terdapat pada percobaan ini. Gambar 4.17 menunjukan perbedaan pola dimana pengukuran susu ini terlihat, sehingga dapat dilihat bahwa sensor memiliki spesifikasi yang berbeda-beda.

4.4 Pengujian Neural Network

Pengujian neural network dilakukan dengan 2 tahapan yaitu tahap training dan tahap pengujian. Pada tahap training, neural network dapat tingkat kesalahan 0.001 dengan jumlah iterasi saat pengenalan sebesar 21599, selain itu juga dilakukan tiap percobaan dengan iterasi yang berbeda – beda. Pada Tabel 4.15 merupakan hasil training dengan nilai tingkat kesalahan tertentu.



Gambar 4.22 Hasil training MSE dengan Iterasi

Tabel 4.15 Hasil training *Neural Network*

Batas Error (MSE)	Parameter		
	<i>Learning Rate</i>	<i>Derivative of Activation Function</i>	Iterasi (epoch)
0.01	0.6	0.6	3962
0.001	0.6	0.6	20014
0.0001	0.6	0.6	186223

Dalam training ini digunakan 6 sensor inputan yang dihasilkan 24 sampel data dari sistem sensor tersebut. Data yang dijadikan sebagai inputan dalam proses training berupa data sensor MQ-137, MQ-136, TGS 2602, dan 3 kombinasi sensor potensiometrik merupakan hasil data yang telah dinormalisasi. Pada Tabel 4.16 merupakan data untuk training untuk *neural network* susu sapi segar yang telah

dinormalisasi. Pada Tabel 4.17 merupakan data untuk training untuk *neural network* susu sapi basi yang telah dinormalisasi. Pada Tabel 4.18 merupakan data untuk training untuk *neural network* susu sapi sangat basi yang telah dinormalisasi.

Tabel 4.16 Data hasil normalisasi susu segar

Normalisasi Susu Segar					
MQ 137	MQ 136	TGS 2602	Potensiometri 1	Potensiometri 2	Potensiometri 3
1	0.7834757	0.5498575	1	0.76109215	0.52559727
1	0.7826086	0.5507246	1	0.80952381	0.517006803
1	0.7725947	0.5247813	1	0.744827586	0.534482759
1	0.7	0.4914285	1	0.705298013	0.523178808
1	0.7078313	0.5783325	1	0.726072607	0.528052805
1	0.7275449	0.4790419	1	0.719471947	0.518151815
1	0.7826086	0.5507246	1	0.80952381	0.517006803
1	0.7078313	0.5783325	1	0.726072607	0.528052805

Tabel 4.17 Data hasil normalisasi susu basi

Normalisasi Susu Basi					
MQ 137	MQ 136	TGS 2602	Potensiometri 1	Potensiometri 2	Potensiometri 3
1	0.871508	0.5614525	1	0.737129485	0.499219969
1	0.876750	0.5630252	1	0.681992337	0.486590038
1	0.804597	0.5804597	1	0.794871795	0.525641026
1	0.827777	0.5833333	1	0.743396226	0.467924528
1	0.869444	0.5972222	1	0.783464567	0.539370079
1	0.894736	0.5761772	1	0.747863248	0.564102564
1	0.804597	0.5804597	1	0.794871795	0.525641026
1	0.869444	0.5972222	1	0.783464567	0.539370079

Tabel 4.18 Data hasil normalisasi susu sangat basi

Normalisasi Susu Sangat Basi					
MQ 137	MQ 136	TGS 2602	Potensiometri 1	Potensiometri 2	Potensiometri 3
1	0.92	0.618666	1	0.619047619	0.372294372
1	0.9214092	0.626016	1	0.615796519	0.352521196
1	0.9302949	0.595174	1	0.634427684	0.332741792
1	0.9589041	0.643835	1	0.666666667	0.375586854
1	0.9782608	0.635869	1	0.594847775	0.365339578
1	0.9784946	0.602150	1	0.660714286	0.357142857
1	0.9214092	0.626016	1	0.615796519	0.352521196
1	0.9782608	0.635869	1	0.594847775	0.365339578

4.5 Analisa Pengujian Neural Network

Dari hasil pengujian data, neural network dapat mengenali 24 sampel dari data yang diujikan. Pada Tabel 4.19 merupakan hasil pengujian data yang dilakukan untuk pengenalan susu sapi. Pada Tabel 4.19 tersebut dilakukan 3 kali percobaan yaitu untuk MSE 0.01, 0.001, dan 0.0001 dan disetiap sampel susu dilakukan 4 kali percobaan untuk mengetahui hasil pengenalan Neural network tersebut.

Untuk tahapan pengenalan ini tingkat keberhasilan dalam pembacaan sebesar 83%. Pada Gambar 4.23 merupakan hasil percobaan dalam program untuk pengujian data susu sapi sangat basi

Tabel 4.19 Hasil Pengujian data

Sampel Susu	Batas Error (<i>MSE</i>)		
	0.01	0.001	0.0001
Susu Sangat Basi	Susu Sangat Basi	Susu Sangat Basi	Susu Sangat Basi
	Susu Sangat Basi	Susu Basi	Susu Sangat Basi
	Susu Basi	Susu Sangat Basi	Susu Sangat Basi
	Susu Sangat Basi	Susu Sangat Basi	Susu Basi
Susu Basi	Susu Segar	Susu Basi	Susu Basi
	Susu Basi	Susu Segar	Susu Basi
	Susu Segar	Susu Basi	Susu Basi
	Susu Basi	Susu Basi	Susu Segar
Susu Segar	Susu Segar	Susu Segar	Susu Segar
	Susu Segar	Susu Segar	Susu Segar
	Susu Segar	Susu Segar	Susu Segar
	Susu Segar	Susu Segar	Susu Segar

Neural Network Back Propagation

Training Data Susu Pengujian Data Susu Data Sensor

MQ-137= 1
MQ-136= 0.921409214
TGS 2602= 0.518666667
Potentio 1= 0.352521196
Potentio 2= 1
Potentio 3= 0.666666667

Load Wight [x] Load Input Data [2]

Pengujian Data

Output 1 0.0001508540020 0
Output 2 0.0255633431582 0
Output 3 0.9743037618102 1
Susu Sangat Basi

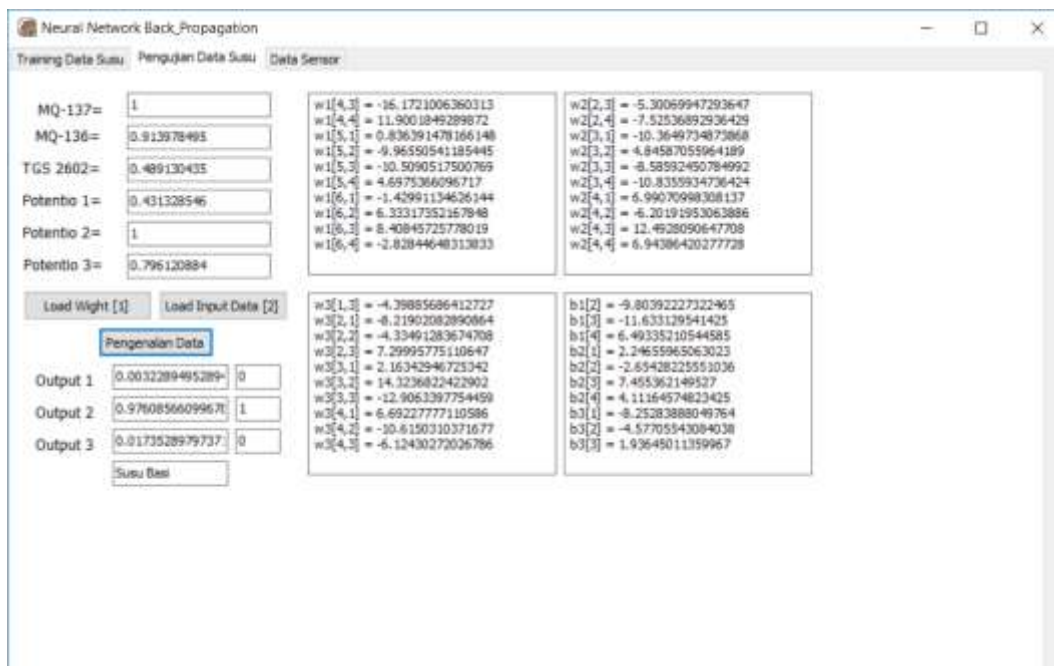
$w1[4,3] = -16.1721006360313$
 $w1[4,4] = 11.9001849289872$
 $w1[5,1] = 0.836391478166148$
 $w1[5,2] = -9.96550541185445$
 $w1[5,3] = -10.5090517500769$
 $w1[5,4] = 4.6975366096717$
 $w1[6,1] = -1.42991134626144$
 $w1[6,2] = 6.32317352167848$
 $w1[6,3] = 8.40845725778019$
 $w1[6,4] = -2.82844648313833$

$w2[2,3] = -5.30069947293647$
 $w2[2,4] = -7.52536892936429$
 $w2[3,1] = -10.3649734873868$
 $w2[3,2] = 4.84587055964189$
 $w2[3,3] = -8.58932450784992$
 $w2[3,4] = -10.8355934736424$
 $w2[4,1] = 6.99070998308137$
 $w2[4,2] = -6.20191953063886$
 $w2[4,3] = 12.4928050647708$
 $w2[4,4] = 6.94386420277728$

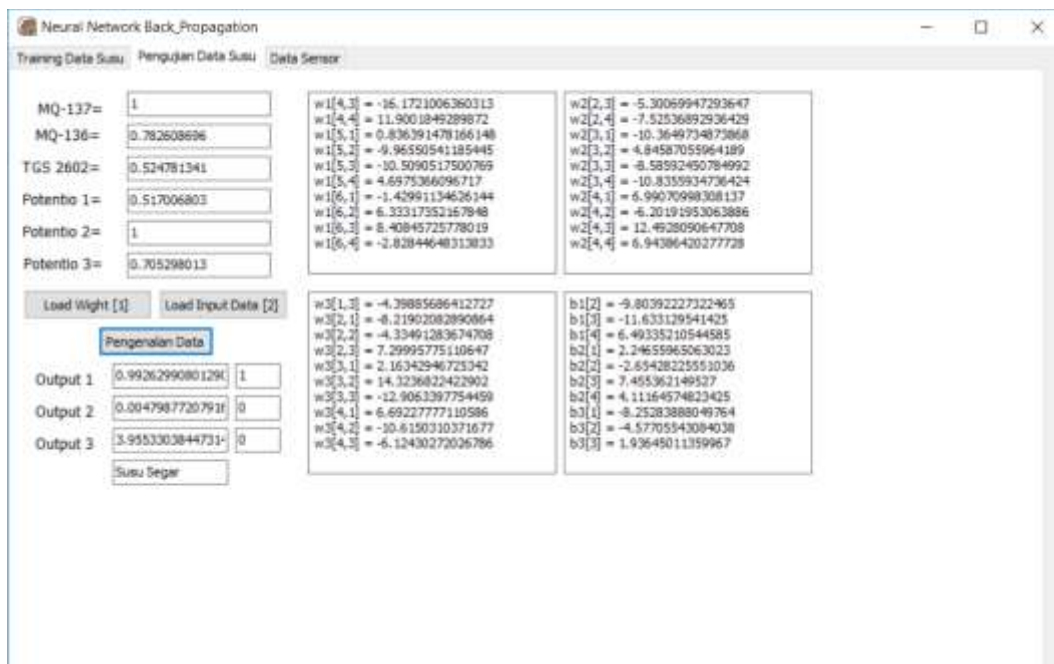
$w3[1,3] = -4.3985566412727$
 $w3[2,1] = -8.21902082890064$
 $w3[2,2] = -4.33461283674708$
 $w3[2,3] = 7.29995775110647$
 $w3[3,1] = 2.16342946725342$
 $w3[3,2] = 14.3236822422902$
 $w3[3,3] = -12.9063397754459$
 $w3[4,1] = 6.69227777110586$
 $w3[4,2] = -10.6150310371677$
 $w3[4,3] = -6.12430272026786$

$b1[2] = -9.80392227322465$
 $b1[3] = -11.633129541425$
 $b1[4] = 6.49335210544585$
 $b2[1] = 2.24655965063023$
 $b2[2] = -2.65428225553036$
 $b2[3] = 7.495362149527$
 $b2[4] = 4.11164574823425$
 $b3[1] = -8.25283888049764$
 $b3[2] = -4.57705543084038$
 $b3[3] = 1.93645011359967$

Gambar 4.23 Hasil testing susu sapi sangat basi



Gambar 4.24 Hasil testing susu sapi basi



Gambar 4.25 Hasil testing susu sapi segar

Pada Gambar 4.24 merupakan hasil tampilan percobaan dalam program untuk pengujian data susu sapi basi. Pada Gambar 4.25 merupakan hasil tampilan percobaan dalam program untuk pengujian data susu sapi segar.

BAB 5

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa dari sistem identifikasi kualitas susu sapi yang telah dilakukan, ditarik beberapa kesimpulan. Saat susu masih dalam kondisi segar hasil dari pengujian untuk sensor potensiometri 1 menghasilkan tegangan sekitar 2.93 Volt, potensiometri 2 2.23 Volt, dan untuk potensiometri 3 1.54 Volt. Sensor gas menghasilkan nilai tegangan pada MQ-136 2.75, MQ-137 3.51 Volt, dan TGS 2602 1.93. Saat susu sapi telah mengalami basi nilai tegangan pada potensiometri akan menurun sekitar 0.3 Volt, sedangkan untuk sensor gas mengalami kenaikan sekitar 0.8 Volt. Saat susu sangat basi nilai tegangan pada potensiometri akan semakin mengecil, ini disebabkan karena susu bersifat lebih asam, dan produksi gas yang semakin meningkat membuat nilai pembacaan sensor gas bertambah. Setelah itu dilakukan pengenalan menggunakan metode *neural network*, hasil identifikasi dari metode ini memiliki tingkat keberhasilan 83% dalam mengidentifikasi susu sapi.

5.2 Saran

Beberapa saran yang bisa diberikan untuk pengembangan penelitian ini adalah untuk standarisasi pengujian digunakan hasil uji bakteri yang dibandingkan dengan standar mutu mikrobiologis susu sapi oleh SNI dengan mengujikan bakteri di laboratorium yang dapat menguji berbagai macam jenis spesies bakteri serta menggunakan metode penghitungan bakteri dan media pertumbuhan bakteri yang sama dengan standar mutu SNI. Kemudian untuk pola pengenalan bisa menggunakan metode kecerdasan yang lainnya, sehingga dapat dibandingkan atau bisa lebih baik dari sistem yang dibuat ini.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Tang, T.B., dan Zulkafli, M.S. “Electronic Tongue for Fresh Milk Assessment”, *IEEE International Conference on Circuits and Systems (ICCAS)*, pp. 167-171, 2013.
- [2]. Musara, C., and Pote, W., “Application of osmometry in quality analysis of milk”, *Journal of Food Science and Technology*, 2013, vol. 51, no. 3, pp. 606-610.
- [3]. W. D. Huang, S. Deb, Y. S. Seo, S. Rao, M. Chiao and J. C. Chiao, “A passive radio-frequency pH-sensing tag for wireless food-quality monitoring,” *IEEE Sensors J.*, vol. 12, no. 3, pp. 487-495, March 2012.
- [4]. Viviani, E., Salvalaggio, D., Bertoni, C., and Boscolo, A. “Milk quality analysis based on a novel ultrasound spectroscopy method”, *IEEE Conference Publications on Sensors Applications Symposium (SAS)*, pp 1-5, 2016.
- [5]. N. Benabdella, M. Bourhaleb, M. Nasri, N. Benazzi, S. Dahbi. “Design of temperature and humidity sensors for an electronic nose used in rotten food”, *International Conference on Electrical and Information Technologies (ICEIT)*, May 2016.
- [6]. Mazlina Mamat., “The Design and Testing of an Electronic Nose Prototype for Classification Problem”, *International Conference on Computer Applications and Industrial Electronics (ICCAIE)*, pp. 382-386, Dec. 5-8, 2010.
- [7]. Panitia Teknis 67-03 (2011), *SNI 3141.1:2011 Susu segar – Bagian 1: Sapi*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- [8]. Panitia Teknis 67-03 (2011), *SNI 2897:2008 Metode pengujian cemaran mikroba dalam daging, telur dan susu serta hasil olahannya*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- [9]. Crespo, G. A., Mistlberger, G. and Bakker, E. Electrogenated chemiluminescence for potentiometric sensors. *J. Am. Chem. soc.* 134, pp. 205–207. 2012.

- [10]. Vinda Setya Kartika, Muhammad Rivai, Djoko Purwanto. Spoiled Meat Classification Using Semiconductor Gas Sensors, Image Processing and Neural Network. International Conference.
- [11]. TGS 2602 Data Sheet, <http://www.figarosensor.com/products/2602pdf.pdf>, diakses 27 mei 2018.
- [12]. MQ 136 Data Sheet, <http://www.sensorica.ru/pdf/MQ-136.pdf> diakses 27 mei 2018.
- [13]. Suyanta, Potentiometric, 1st Edition, Yogyakarta: UNY Press., 2013.
- [14]. Baldwin and Elizabeth. "Electronic Noses and Tongues: Applications for the Food and Pharmaceutical Industries". *Sensors MDPI AG*, vol. 11, pp. 4744-4766. 2011.
- [15]. Atmel. (2016), "8-bit AVR Microcontrollers." http://www.atmel.com/Images/Atmel-42735-8-bit-AVR-Microcontroller-ATmega328-328P_Datasheet.pdf, Diakses tanggal 8 mei 2018.
- [16]. D. Sasmita, M. Rivai, A. Arifin, "Detection of organic solvent compounds using optical fiber interferometer array and neural network pattern recognition", *International Conference on Information and Communications Technology (ICOIACT)*, 2018, pp. 477-482.
- [17]. Radi, S. Ciptohadijoyo W. S. Litananda, M Rivai, MH Purnomo. Electronic Nose Based on Partition Column Integrated with Gas Sensor for Fruit Identification and Classification. *Computers and Electronics in Agriculture*, 121, 2016, pp. 429–435. on *Information and Communications Technology*, 2018, pp. 417-422.
- [18]. Fathurrozi Winjaya, Muhammad Rivai, Djoko Purwanto. Identification of Cracking Sound During Coffee Roasting Using Neural Network. *International Seminar on Intelligent Technology and Its Application*, 2017, pp. 291-294
- [19]. Muhammad Rivai, Achmad Arifin, Eva Inaiyah Agustin, 2016. Mixed Vapour Identification Using Partition Column-QCMs and Artificial Neural Network. *International Conference on Information, Communication Technology and System*, 2016, pp. 172-177.

LAMPIRAN

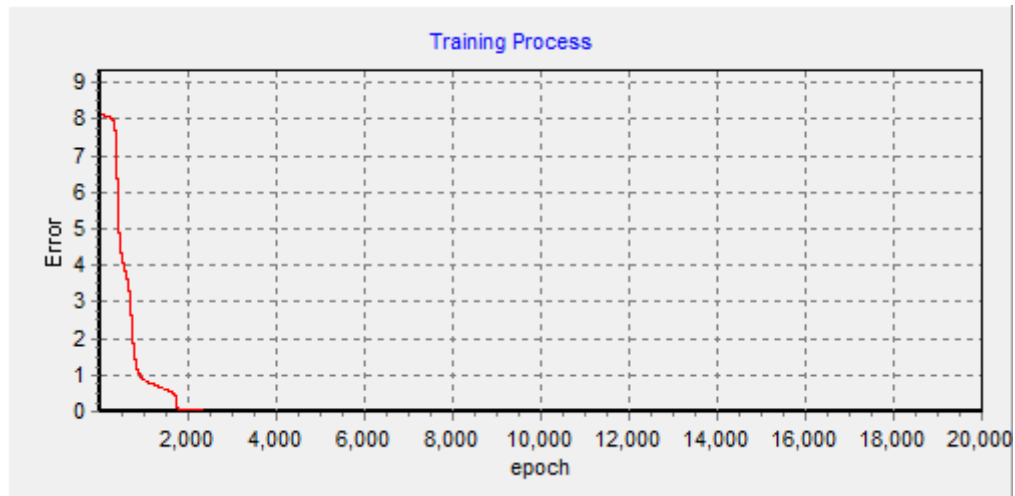
Gambar Sistem Keseluran



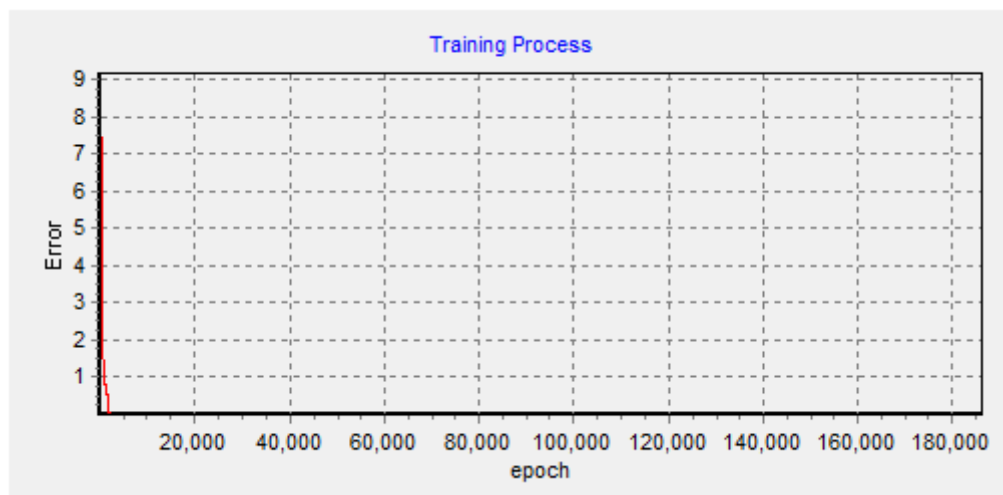
MSE vs Iterasi 0.1



MSE vs Iterasi 0.001



MSE vs Iterasi 0.0001



Data Nilai bias dan wight sesudah pembelajaran

Nilai Bias		
B1	B2	B3
6.22150414898798	3.21887113682298	0.154363988591043
-10.6660684547469	0.521702178617383	-19.7256735038808
2.83356380070302	3.28489536693501	-1.11253476270941
7.29817909499288	2.70718940646773	

Weight		
W1	W2	W3
5.20713896398428	-4.97560657553644	-7.5403891075411
-12.1879887647644	-0.347443743054024	7.23811769167762
4.07761316834139	10.0973633625815	3.48397331893444
8.28208849061995	-6.62944465185924	-3.6841044199599
-13.7292044904417	11.9110910984095	-5.09990138350389
25.4476890257825	1.44675152980747	1.08631626008616
-9.73151694547831	-9.70546441077681	9.28856701990195
-18.7780972789195	11.0923163946625	14.6563916686651
-14.3054230284752	-2.9898709306976	-16.0576745884734
26.6802965171792	-1.57519070296231	-7.7158007709392
-9.06745815372402	8.83851613385255	8.76957604032936
-18.36455867061	-4.48349806999382	4.82005646919658
8.48878293498115	-8.39765760874525	
-14.6248451936206	-0.283647506653209	
6.09450963514545	12.7415085517472	
12.5095849362582	-7.93432749143652	
5.39894568823084		
-11.9546401011839		
3.57626198026094		
8.2617176764983		
-3.13200327196381		
9.20158072182472		

Sensor Potensiometri 1



Sensor Potensiometri 2



Sensor Potensiometri 3



Program Keseluruhan Sistem pada arduino

```
#define SensorPin A0      //pH meter Analog output to Arduino Analog
Input 2

#define Offset 0.00      //deviation compensate

#define LED 13

#define samplingInterval 20

#define printInterval 800

#define ArrayLenth 40    //times of collection

#define nyala LOW

#define mati HIGH

int pHArray[ArrayLenth]; //Store the average value of the sensor feedback
int pHArrayIndex=0;

int RELAY1 = 7;

int RELAY2 = 6;

int RELAY3 = 5;

float MQ_136;

float MQ_137;

float TGS_2602;

static unsigned long samplingTime = millis();

static unsigned long printTime = millis();

static float pHValue,voltage;

String inputString = "";    // a String to hold incoming data

boolean stringComplete = false; // whether the string is complete

String data;

String jenis,volume;
```

```

void setup(void)
{
    pinMode(LED,OUTPUT);
    Serial.begin(9600);
    pinMode(RELAY1, OUTPUT);
    pinMode(RELAY2, OUTPUT);
    pinMode(RELAY3, OUTPUT);
    digitalWrite(RELAY1, mati);
    digitalWrite(RELAY2, mati);
    digitalWrite(RELAY3, mati);
}

void baca_sensor_potensio()
{
    int rMQ_136 = analogRead(A2);
    int rMQ_137 = analogRead(A3);
    int rTGS_2602 = analogRead(A1);
    int rTGS_2611 = analogRead(A4);
    if(millis()-samplingTime > samplingInterval)
    {
        pHArray[pHArrayIndex++]=analogRead(SensorPin);
        if(pHArrayIndex==ArrayLenth)pHArrayIndex=0;
        voltage = avergearray(pHArray, ArrayLenth)*5.0/1024;
        MQ_136 = rMQ_136 * (5.00/1024.00);
        MQ_137 = rMQ_137* (5.00/1024.00);
        TGS_2602 = rTGS_2602* (5.00/1024.00);
        pHValue = 3.5*voltage+Offset;
        samplingTime=millis();}}

```

```

void serialEvent() {
    while (Serial.available()) {
        char inChar = (char)Serial.read();
        if (inChar == '\n') {
            stringComplete = true;
        }
        else {
            inputString += inChar;
        }
    }
}

String getValue(String data, char separator, int index)
{
    int found = 0;
    int strIndex[] = { 0, -1 };
    int maxIndex = data.length() - 1;

    for (int i = 0; i <= maxIndex && found <= index; i++) {
        if (data.charAt(i) == separator || i == maxIndex) {
            found++;
            strIndex[0] = strIndex[1] + 1;
            strIndex[1] = (i == maxIndex) ? i+1 : i;
        }
    }
    return found > index ? data.substring(strIndex[0], strIndex[1]) : "";
}

```

```

void bacadata ()
{
    //format data : "NAB20.5\r\n"
    if (stringComplete) { //      |
        data = inputString; //      Jenis
        inputString = "";
        stringComplete = false;

        jenis = getValue(data, ',', 0); //NAB
        pindah();
    }
}

```

```

void pindah()
{
    if (jenis == "POA") { //Poten1
        kondisi1();
        kirimdata1();
    }
    else if (jenis == "POB") { //Poten2
        kondisi2();
        kirimdata2();
    }
    else if (jenis == "POC") { //Poten3
        kondisi3();
        kirimdata3();
    }
    else if (jenis == "POD") { //Poten3

```

```

        kondisi4();
    }
}

void kondisi1()
{
    digitalWrite(RELAY1, nyala);
    digitalWrite(RELAY2, mati);
    digitalWrite(RELAY3, mati);
}

void kondisi2()
{
    digitalWrite(RELAY1, mati);
    digitalWrite(RELAY2, nyala);
    digitalWrite(RELAY3, mati);
}

void kondisi3()
{
    digitalWrite(RELAY1, mati);
    digitalWrite(RELAY2, mati);
    digitalWrite(RELAY3, nyala);
}

void kondisi4()
{
    digitalWrite(RELAY1, mati);
    digitalWrite(RELAY2, mati);
    digitalWrite(RELAY3, mati);
}

```

```

void kirimdata1()
{
    if(millis() - printTime > printInterval) //Every 800 milliseconds, print a
numerical, convert the state of the LED indicator
    {
        Serial.print("P1,");
        Serial.print(voltage, 2); //Poten1
        Serial.print(",G1,");
        Serial.print(MQ_136, 2); //Gas1
        Serial.print(",G2,");
        Serial.print(MQ_137, 2); //Gas2
        Serial.print(",G3,");
        Serial.print(TGS_2602, 2); //Gas3
        Serial.println(",data");
        printTime=millis();
    }
}

```

```

void kirimdata2()
{
    if(millis() - printTime > printInterval) //Every 800 milliseconds, print a
numerical, convert the state of the LED indicator
    {
        Serial.print("P1,");
        Serial.print(voltage, 2); //Poten1
        Serial.print(",G1,");
        Serial.print(MQ_136, 2); //Gas1
        Serial.print(",G2,");
        Serial.print(MQ_137, 2); //Gas2
    }
}

```



```

    Serial.print(",G3,");
    Serial.print(TGS_2602, 2); //Gas3
    Serial.print(",data");
    Serial.print("+");
    printTime=millis();
  }
}

void kirimdata3()
{
  if(millis() - printTime > printInterval) //Every 800 milliseconds, print a
numerical, convert the state of the LED indicator
  {
    Serial.print("P1,");
    Serial.print(voltage, 2); //Poten1
    Serial.print(",G1,");
    Serial.print(MQ_136, 2); //Gas1
    Serial.print(",G2,");
    Serial.print(MQ_137, 2); //Gas2
    Serial.print(",G3,");
    Serial.print(TGS_2602, 2); //Gas3
    Serial.print(",data");
    Serial.print("*");
    printTime=millis();
  }
}

```

```

void loop(void)
{
    //kondisi3();
    bacadata ();
    //baca_sensor_gas();
    baca_sensor_potensio();
    pindah();
}

```

```

double avergearray(int* arr, int number){
    int i;
    int max,min;
    double avg;
    long amount=0;
    if(number<=0){
        Serial.println("Error number for the array to avraging!/n");
        return 0;
    }
    if(number<5){ //less than 5, calculated directly statistics
        for(i=0;i<number;i++){
            amount+=arr[i];
        }
        avg = amount/number;
        return avg;
    }else{
        if(arr[0]<arr[1]){
            min = arr[0];max=arr[1];]

```

```

else{
    min=arr[1];max=arr[0];
}
for(i=2;i<number;i++){
    if(arr[i]<min){
        amount+=min;    //arr<min
        min=arr[i];
    }else {
        if(arr[i]>max){
            amount+=max;    //arr>max
            max=arr[i];
        }else{
            amount+=arr[i]; //min<=arr<=max
        }
    }
}
}
}
}

avg = (double)amount/(number-2);
}
}

return avg;
}

```

Program Delphi untuk Forward_propagation

```
procedure TForm1.Forward_propagation; // Forward Propagation
var
i, j : Integer;
begin
  for i := 1 to neuron_layer1 do // Forward Propagation di Node hidden Layer 1
  begin
    node1[i] := 0;
    for j := 1 to 6 do
    begin
      node1[i] := node1[i] + (w1[j,i] * input[z,j]);
    end;
    node1[i] := node1[i] + (b1[i] * 1);
    out1[i] := 1 / (1 + exp(-1 * alfa * node1[i]));
    turunan1[i] := alfa * (out1[i]) * (1 - out1[i]);
  end;

  for i := 1 to neuron_layer2 do // Forward Propagation di Node hidden Layer
  2
  begin
    node2[i] := 0;
    for j := 1 to neuron_layer1 do
    begin
      node2[i] := node2[i] + (w2[j,i] * out1[j]);
    end;
    node2[i] := node2[i] + (b2[i] * 1);
    out2[i] := 1 / (1 + exp(-1 * alfa * node2[i]));
```

```

    turunan2[i] := alfa * (out2[i]) * (1 - out2[i]);
end;

for i := 1 to 3 do // Forward Propagation di Node Layer 3 (Output)
begin
    node3[i] := 0;
    for j := 1 to neuron_layer2 do
    begin
        node3[i] := node3[i] + (w3[j,i] * out2[j]);
    end;
    node3[i] := node3[i] + (b3[i] * 1);
    out3[i] := 1 / (1 + exp(-1 * alfa * node3[i]));
    turunan3[i] := alfa * (out3[i]) * (1 - out3[i]);
end;
end;

```

Program di Delphi untuk Backpropagation

```
procedure TForm1.Back_Propagation; // Backward Propagation
var
i, j : Integer;
begin
    for i := 1 to 3 do        // output
    begin
        error3[i] := (target[z,i] - out3[i]) * turunan3[i];
    end;
    errorcum[z] := 0;

    for i := 1 to 3 do        // output
    begin
        errorcum[z] := errorcum[z] + sqr(target[z,i] - out3[i]);
    end;
    errorcum[z] := (0.5) * errorcum[z];

    for i := 1 to neuron_layer2 do        // layer 2
    begin
        error2[i] := 0;
        for j := 1 to 3 do
        begin
            error2[i] := error2[i] + (error3[j] * w3[i,j]);
        end;
        error2[i] := error2[i] * turunan2[i];
    end;
```

```

for i := 1 to neuron_layer1 do          // layer 1
begin
    error1[i] := 0;
    for j := 1 to neuron_layer2 do
    begin
        error1[i] := error1[i] + (error2[j] * w2[i,j]);
    end;
    error1[i] := error1[i] * turunan1[i];
end;
end;

```

Program Delphi untuk update nilai Weight dan Bias

```
procedure TForm1.UpdateNilai; // UPDATE NILAI WEIGHT dan BIAS dari
training
var
  i, j : Integer;
begin
  for i := 1 to 6 do          // layer 1
  begin
    for j := 1 to neuron_layer1 do
    begin
      //w1[i,j] := w1[i,j] + (miu * error1[j] * input[z,i]);
      w1[i,j] := w1[i,j] + (miu * error1[j] * input[z,i]);
    end;
  end;

  for i := 1 to neuron_layer1 do
  begin
    b1[i] := b1[i] + (miu * error1[i] * 1);
  end;

  for i := 1 to neuron_layer1 do          // layer 2
  begin
    for j := 1 to neuron_layer2 do
    begin
      w2[i,j] := w2[i,j] + (miu * error2[j] * out1[i]);
    end;
  end;

  for i := 1 to neuron_layer2 do
```



```

begin
    b2[i] := b2[i] + (miu * error2[i] * 1);
end;

for i := 1 to neuron_layer2 do          // Output
begin
    for j:= 1 to 3 do
        begin
            w3[i,j] := w3[i,j] + (miu * error3[j] * out2[i]);
        end;
    end;
end;

for i := 1 to 3 do
begin
    b3[i] := b3[i] + (miu * error3[i] * 1);
end;
end;

```

Program mengambil data atau parshing dari arduino ke komputer

```
procedure TForm1.ComPort1RxChar(Sender: TObject; Count: Integer);
var
  dt : string;
  i   : Integer;
  hitung: byte;
begin
  dt:="";
  ComPort1.ReadStr(dt, count);
  Memo1.Lines.Append(dt);
  dat:=dat+dt;

  if (pos(chr(10),dat)>0) then
  begin
    A:=pos(chr(10),dat);
    data:=copy(dat, 0, A-2);
    dat:="";
    time1:=time1+1;
    //format data -> "LV,19,EC,3.1,data\r\n"
    for i:= 1 to 8 do
    begin
      A:= pos(',',data);
      if (i mod 2 = 0) then sensor[Round(i/2),time1]:= copy(data, 0, A-1);
      data:=copy(data, A+1, Length(data));
    end;
    data:="";
    Edit1.Text := sensor[1,time1]; //Potensiometri 1
```

```

Edit4.Text := sensor[2,time1]; //Sensor Gas
Edit5.Text := sensor[3,time1]; //Sensor Gas
Edit6.Text := sensor[4,time1]; //Sensor Gas
end;

if (pos(chr(43),dat)>0) then
begin
  A:=pos(chr(43),dat);
  data:=copy(dat, 0, A-2);
  dat:="";
  time1:=time1+1;
  //format data -> "LV,19,EC,3.1,data+"
  for i:= 1 to 8 do
  begin
    A:= pos(',',data);
    if (i mod 2 = 0) then sensor[Round(i/2),time1]:= copy(data, 0, A-1);
    data:=copy(data, A+1, Length(data));
  end;
  data:="";
  Edit2.Text := sensor[1,time1]; //Potensiomeri 2
  Edit4.Text := sensor[2,time1]; //Sensor Gas
  Edit5.Text := sensor[3,time1]; //Sensor Gas
  Edit6.Text := sensor[4,time1]; //Sensor Gas

end;

if (pos(chr(42),dat)>0) then

```

```

begin
  A:=pos(chr(42),dat);
  data:=copy(dat, 0, A-2);
  dat:="";
  time1:=time1+1;
  //format data -> "LV,19,EC,3.1,data*"
  for i:= 1 to 8 do
    begin
      A:= pos(',',data);
      if (i mod 2 = 0) then sensor[Round(i/2),time1]:= copy(data, 0, A-1);
      data:=copy(data, A+1, Length(data));
    end;
    data:="";
    Edit3.Text := sensor[1,time1]; //potensiometri 3
    Edit4.Text := sensor[2,time1]; //sensor gas
    Edit5.Text := sensor[3,time1]; //sensor gas
    Edit6.Text := sensor[4,time1]; //sensor gas

  end;

end;

```

RIWAYAT PENULIS



Nama : Marson Ady Putra

Alamat : Keputih gang Makam Blok B no 7, Keputih,
Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur.

Tempat, Tanggal Lahir : Samarinda, 08 Maret 1993

Jenis Kelamin : Laki-Laki

Agama : Kristen Protestan

Status : Belum Menikah

No. Telpon : 6282 333 560 433

Email : marson.map@gmail.com

Riwayat Pendidikan : SDN 023 Samarinda
SMPN 2 Kras
SMAN 4 Kediri
D4 – Politenik Elektronika Negeri Surabaya